



Curso 2018-19

TRABAJO FIN DE GRADO  
MAESTRO EN EDUCACIÓN PRIMARIA

EDU-RITMOTRÓN: diseño y construcción de  
una herramienta robótica como recurso para la  
educación musical en Educación Primaria

EDU-RITMOTRÓN: design and construction of a robotic  
tool as a resource for music education in Primary Education

AUTOR:

César Roselló Llamero

TUTOR:

Mariano Pérez Prieto

## ÍNDICE

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1- | INTRODUCCIÓN.....   | 1  |
| 2- | OBJETIVOS.....  | 4  |
|    | 2.1 Generales.....  | 4  |
|    | 2.2 Específicos.....  | 4  |
|    | 2.2.1 Objetivo específico I.....  | 4  |
|    | 2.2.2. Objetivo específico II.....  | 4  |
|    | 2.2.3. Objetivo específico III.....   | 4  |
|    | 2.2.4. Objetivo específico IV.....  | 4  |
| 3- | ESTADO DE LA CUESTIÓN Y RELEVANCIA DEL TEMA.....  | 5  |
|    | 3.1 Fundamentación teórica.....   | 5  |
|    | 3.1.1. La música en educación primaria.....   | 5  |
|    | 3.1.2. TIC en primaria.....   | 7  |
|    | 3.1.3. Scratch.....   | 8  |
|    | 3.1.3.1. El entorno de la aplicación Scratch.....   | 9  |
|    | 3.1.4. Ritmo musical.....   | 11 |
|    | 3.1.4.1. Impulsos y valores.....  | 15 |
|    | 3.1.4.2. Pausas.....  | 17 |
|    | 3.1.5. Metodología Kodaly.....  | 18 |
|    | 3.1.5.1. Origen y difusión.....   | 18 |
|    | 3.1.5.2. El canto.....  | 18 |
|    | 3.1.5.3. Importancia del canto y la canción popular.....  | 18 |
|    | 3.1.5.4. El solfeo silábico.....  | 19 |
|    | 3.1.5.5. Solfeo relativo y solfeo absoluto.....   | 19 |
|    | 3.1.5.6. Fononimia.....   | 20 |
|    | 3.1.6. Robótica en primaria: Scratch y robótica educativa.....  | 20 |
|    | 3.2 Antecedentes.....   | 22 |
|    | 3.2.1. Robot educativo de bajo costo que interpreta melodías en piano.                                    | 22 |
|    | 3.2.2. Usando robots para enseñar ritmos musicales a niños con desarrollo típico y niños con autismo..... | 23 |
|    | 3.2.3. The KarmetiK NotomotoN: Una nueva raza de músicos. Robot para la enseñanza y la actuación.....     | 23 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 4- | METODOLOGÍA.....  | 24 |
|    | 4.1 Fuentes consultadas.....  | 24 |
|    | 4.2 Construcción Artefacto Robótico: EDU-Ritmotrón.....                           | 24 |
|    | 4.2.1. Fase previa al diseño.....   | 24 |
|    | 4.2.2. EDU-Ritmotrón.....   | 26 |
|    | 4.2.3. Fase de diseño.....  | 28 |
|    | 4.2.3.1. La base.....   | 28 |
|    | 4.2.3.2. Ejes del carro.....  | 28 |
|    | 4.2.3.3. Movimiento del sensor lector IR.....                                     | 28 |
|    | 4.2.3.4. Figuras musicales.....   | 29 |
|    | 4.2.3.5. Barras de apoyo de las figuras musicales.....                            | 29 |
|    | 4.2.3.6. Sensor Lector IR.....  | 30 |
|    | 4.2.3.7. Parte electromecánica.....   | 30 |
|    | 4.2.3.8. Microprocesador.....   | 31 |
|    | 4.2.3.9. Comunicación con Scratch.....  | 31 |
|    | 4.2.4. Fase de solución de dificultades técnicas.....                             | 32 |
|    | 4.3 Puesta en práctica.....   | 33 |
|    | 4.3.1. Objetivo.....  | 33 |
|    | 4.3.2. Destinatarios y muestra.....   | 33 |
|    | 4.3.3. Recursos utilizados.....   | 33 |
|    | 4.3.4. Técnicas de recogida de información.....                                   | 34 |
|    | 4.3.4.1. Contenidos.....  | 34 |
|    | 4.3.4.2. Criterios de evaluación.....   | 34 |
|    | 4.3.4.3. Estándares de aprendizaje evaluables.....                                | 34 |
|    | 4.3.4.4. Sesión 1.....  | 35 |
|    | 4.3.4.4.1. Presentación de las piezas móviles-removibles de<br>EDU-Ritmotrón..... | 38 |
|    | 4.3.4.5. Sesión 2.....  | 39 |
| 5- | RESULTADOS.....   | 43 |
|    | 5.1 Resultados obtenidos.....   | 43 |
|    | 5.2 Discusión de los resultados.....  | 44 |
|    | 5.2.1. La propia máquina.....   | 44 |
|    | 5.2.2. Discusión de los resultados obtenidos.....                                 | 45 |

|    |   |    |
|----|---|----|
|    | 5.2.2.1. Actividad 1.....   | 45 |
|    | 5.2.2.2. Actividad 2.....   | 46 |
|    | 5.2.2.3. Actividad 3.....   | 47 |
|    | 5.2.2.4. Actividad 4.....   | 47 |
|    | 5.2.2.5. Prueba completa.....   | 48 |
| 6- | CONCLUSIONES.....   | 49 |
|    | 6.1 Sobre los objetivos del trabajo.....  | 49 |
|    | 6.1.1. Sobre el diseño.....   | 49 |
|    | 6.1.2. Sobre la fabricación.....  | 49 |
|    | 6.1.3. Sobre su puesta en práctica.....   | 50 |
|    | 6.2. Propuestas de mejora.....  | 50 |
|    | 6.2.1. Trabajar con todas las figuras.....  | 51 |
|    | 6.2.2. Trabajar con otros compases.....   | 51 |
|    | 6.2.3. Errores de precisión.....  | 51 |
|    | 6.2.4. Muestra escasa.....  | 51 |
|    | 6.3 Futuras implicaciones educativas.....   | 52 |
|    | 6.3.1. Ejemplos de actividades: “Naves rítmicas con EDU-Ritmotrón”..  | 52 |
|    | 6.3.2. Construcción de EDU-Ritmotrón en cursos más avanzados, en el<br>área de ciencias naturales, en el bloque dedicado a la tecnología..... | 53 |
|    | 6.3.3. Uso de máquinas similares para la enseñanza de la aritmética.....  | 53 |
| 7- | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 54 |
| 8- | ANEXOS  |    |
|    | - ANEXO I – Diagrama de conexión eléctrica de EDU-Ritmotrón   |    |
|    | - ANEXO II - Esquema de ensamblaje de EDU-Ritmotrón con medidas   |    |
|    | - ANEXO III - Piezas y medidas de componentes de EDU-Ritmotrón  |    |
|    | - ANEXO IV - Código de programación C++ que se debe cargar en el<br>microprocesador ARDUINO para que se comporte como EDU-<br>Ritmotrón       |    |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 1-  | Entorno Scratch.....   | 9  |
| Figura 2-  | Ejemplo de código Scratch de condición al presionar la tecla espacio.....  | 10 |
| Figura 3-  | Ejemplo de código Scratch de condición al presionar el ratón.....  | 10 |
| Figura 4-  | Miniatura del vídeo: tutorial de introducción a Scratch.....   | 10 |
| Figura 5-  | Miniatura del vídeo: tutorial del proyecto "Línea del tiempo" .....  | 11 |
| Figura 6-  | Ejemplo de autopista con garitas de peaje.....   | 13 |
| Figura 7-  | Línea con numeraciones del 1 al 4 alternativamente.....  | 13 |
| Figura 8-  | Línea todos los números 1 señalados.....   | 14 |
| Figura 9-  | Línea con grupos de 4 con indicación de acento en los números 1..  | 14 |
| Figura 10- | Esquema de subdivisión de figuras rítmicas.....  | 16 |
| Figura 11- | Relación de equivalencias entre figuras rítmicas.....  | 17 |
| Figura 12- | Posición de las manos para representar la altura de las notas relativas.....   | 20 |
| Figura 13- | Kit completo de LEGO Wedo.....   | 21 |
| Figura 14- | Kit completo de placas Makey Makey.....  | 21 |
| Figura 15- | Alumno conectando las placas Makey Makey en su dibujo.....   | 21 |
| Figura 16- | Alumna realizando la actividad "Piano con plátanos" .....  | 22 |
| Figura 17- | Brazo robótico que interpreta melodías al piano diseñado por Suescún, Ramírez y Cortés en 2012.....                                    | 22 |
| Figura 18- | Robot comercial con habilidades rítmicas.....  | 23 |
| Figura 19- | NotomotoN. Robot para enseñar habilidades rítmicas diseñado por Kapur, Darling, Murphy, Hochenbaum, Diakopoulos y Trimpin en 2011..... | 23 |
| Figura 20- | EDU-Ritmotrón.....   | 26 |
| Figura 21- | Conjunto de piezas removibles de EDU-Ritmotrón, que representan las figuras musicales.....   | 26 |
| Figura 22- | Plataforma de EDU-Ritmotrón y anclajes de las piezas removibles a esta.....  | 27 |
| Figura 23- | Pulsador para accionar EDU-Ritmotrón.....  | 27 |
| Figura 24- | Ejemplo de código Scratch para comunicarse con EDU-Ritmotrón   | 27 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 25- | EDU-Ritmotrón funcionando.....  | 27 |
| Figura 26- | Ejes del carro que desplaza el sensor IR.....   | 28 |
| Figura 27- | Alojamiento del motor con reductora de EDU-Ritmotrón.....   | 28 |
| Figura 28- | Detalle de la correa dentada utilizada para el desplazamiento del<br>carro donde se ubica el sensor IR.....                           | 29 |
| Figura 29- | Fotografía de la impresión 3D de una de las piezas removibles de<br>EDU-Ritmotrón.....  | 29 |
| Figura 30- | Detalle del sensores IR.....  | 30 |
| Figura 31- | Sensor IR leyendo.....  | 30 |
| Figura 32- | Detalle de los relés de disparo de EDU-Ritmotrón.....   | 30 |
| Figura 33- | Detalle del pulsador rojo de EDU-Ritmotrón.....   | 30 |
| Figura 34- | Detalle del microprocesador que integra EDU-Ritmotrón, con la<br>ubicación exacta de su puerto USB para su conexión con un PC...      | 31 |
| Figura 35- | Ejemplo de código Scratch para comunicación con EDU-<br>Ritmotrón.....  | 32 |
| Figura 36- | Actividad 1 de la prueba inicial.....   | 35 |
| Figura 37- | Actividad 2 de la prueba inicial.....   | 35 |
| Figura 38- | Actividad 3 de la prueba inicial.....   | 36 |
| Figura 39- | Actividad 4 de la prueba inicial.....   | 36 |
| Figura 40- | Piezas removibles de EDU-Ritmotrón, que representan las figuras<br>musicales.....   | 38 |
| Figura 41- | Actividades 1 y 2 de la prueba final.....   | 39 |
| Figura 42- | Representación de un ritmo cuaternario formado por cuatro negras<br>dibujado en la pizarra.....                                       | 40 |
| Figura 43- | Ejemplo en tres fases. Primera: cuatro negras. Segunda: se elimina<br>una negra. Tercera. Se sustituye la negra por dos corcheas..... | 41 |
| Figura 44- | Actividades 3 y 4 de la prueba final.....   | 42 |
| Figura 45- | Juego de naves con EDU-Ritmotrón.....   | 52 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Tabla 1- | Relación de figuras con sus silencios.....   | 17 |
| Tabla 2- | Criterios de puntuación de cada uno de los ejercicios de las pruebas.....                  | 43 |
| Tabla 3- | Resultados de la prueba inicial.....   | 43 |
| Tabla 4- | Resultados de la prueba final.....   | 44 |
| Tabla 5- | Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la actividad 1.....     | 46 |
| Tabla 6- | Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la actividad 2.....     | 46 |
| Tabla 7- | Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la actividad 3.....     | 47 |
| Tabla 8- | Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la actividad 4.....     | 47 |
| Tabla 9- | Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la prueba completa..... | 48 |

## 1- INTRODUCCIÓN

¿Por qué un artefacto robótico para la enseñanza merece un proyecto de investigación? Quizá, esta sea la pregunta que surge tras leer el título de este trabajo. Se ha tachado muchas veces a los sistemas educativos contemporáneos de tradicionales y obsoletos. Este es el momento de demostrar que la educación está más al día que nunca. Por este motivo, se plantea, en este proyecto, investigar sobre innovaciones tecnológicas, como es la robótica, también en este ámbito.

La robótica está en nuestras vidas. Se habla de ella como el futuro de nuestra sociedad, pero, en realidad, ya está aquí entre nosotros. ¿No están llenas las cocinas de electrodomésticos que utilizan la ingeniería robótica para facilitarnos las tareas? ¿No hay fábricas cuyos operarios son brazos robóticos haciendo el trabajo de miles de personas? Los robots habitan con los humanos como lo hacía, hace y hará la educación musical. Por tanto, unir dos disciplinas tan distintas para dar servicio a la educación en primaria es una emocionante idea que es, cuanto menos, interesante de incursionar.

Siempre se ha considerado a la música como un potente desarrollador de ciertas capacidades de múltiples áreas cognitivas -hay estudios que lo demuestran empíricamente-. En este proyecto, se tratará de empezar por el fin para alcanzar el medio, en vez de al revés. Las Ciencias de la Naturaleza nos ofrecen una serie de conocimientos útiles para vivir en sociedad como la electricidad, la mecánica. Todos ellos combinados darán forma a un proyecto que pretende ayudar al aprendizaje de la música.

Siempre he sido un amante de la música y creo ciegamente en el desarrollo cognitivo que experimenta una persona que sabe hacer música, de cualquier índole. Por otro lado, mi pasión por las tecnologías más vanguardistas hace que, por medio de este trabajo, intente fusionar la robótica con el aprendizaje de la música para lograr una serie de objetivos que marcaré detalladamente.

La intención de este proyecto se basa en el reto de ofrecer un granito de arena genuino y novedoso a las Ciencias de la Educación. Por ese motivo, es de gran relevancia investigar sobre todos los aspectos inherentes, es decir, conocer qué literatura hay en relación a esta temática y, más importante si cabe, analizar los resultados que



determinarán si el diseño, de lo que en el título de este proyecto se menciona como EDU-Ritmotrón, cumple los objetivos marcados.

Este trabajo parte de la hipótesis de que se puede construir un artefacto robótico que complemente -no sustituya- el abanico de recursos que hay disponibles para enseñar el ritmo musical en educación primaria. Esta se plantea por la motivación que produce el uso de aparatos robóticos en las edades para las que está orientado este proyecto y se aprovecha esta condición, para acercar a los alumnos unas nociones abstractas, presentadas en forma de material manipulativo. Con ello, se pretende que los escolares se impliquen de forma activa y participativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. También, a través del desarrollo de este proyecto de investigación, se tratará de llegar a conocimientos útiles para la comunidad docente, ofreciendo nuevos materiales alternativos para ejercer su labor, optimizando, si cabe, el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos como fin último.

Esta labor parte de la construcción de un robot cuya misión tendrá unos objetivos muy definidos que, para confirmar si cumple esas expectativas, se procederá a una investigación empírica en relación a estos. Se presentará información relevante al mundo de la robótica en educación musical que haya sido publicada a nivel mundial, para conocer desde qué punto se parte en la investigación de metodologías de esta materia. Se accederá a registros bibliotecarios, aunque conociendo la actualidad del tema propuesto, se supone que las publicaciones más relevantes no habrán llegado a ocupar espacio en las bibliotecas en formato papel. Por ese motivo, se realizará, también, una búsqueda profunda en repositorios digitales en busca de antecedentes a este estudio.

Las circunstancias que se deben dar para el desarrollo de este proyecto deben favorecer aspectos como el tiempo necesario para llevar a cabo un diseño, una construcción y una puesta en práctica de esta índole; el presupuesto, pues se debe tener en cuenta el coste total de los materiales necesarios para el ensamblaje del robot y su puesta en práctica; la recogida de resultados, para obtener una muestra relativamente amplia, a base de voluntarios que quieran colaborar con este proyecto, con el fin de comprobar si los objetivos planteados son conseguidos. Se espera que se den todas estas circunstancias gracias al esfuerzo, dedicación y respeto con cada una de las disciplinas que cooperan en este estudio; con la firme decisión de elaborar un proyecto de investigación y la confianza plena en el trabajo realizado. Se espera obtener resultados

que demuestren la viabilidad de EDU-Ritmotrón en el aula de música para los cursos a los que está dirigido, así como llegar a conclusiones sobre el proceso de diseño, construcción y puesta en práctica.

Por otra parte, la elaboración de este proyecto favorecerá la adquisición de conocimientos técnicos y estrategias relacionadas con la robótica, adaptadas al ámbito de la educación primaria y que ayuden al proceso de enseñanza-aprendizaje, fomentando la motivación, el interés y la curiosidad de los alumnos. Además, se espera conocer datos relevantes de otros proyectos similares que utilicen la robótica como material complementario en el aula de música de educación primaria.

## **2- OBJETIVOS**

### **2.1 Generales**

2.1.1. Construcción de EDU-Ritmotrón, un artefacto robótico para utilizarlo como herramienta complementaria en la enseñanza de la educación musical.

2.1.2. Los objetivos generales de este estudio se basan en conocer la efectividad del uso de EDU-Ritmotrón en el aula de música de segundo curso de Educación Primaria, en relación con la enseñanza de las figuras rítmicas sencillas (negra, blanca, corchea y sus correspondientes silencios).

### **2.2 Específicos**

2.2.1. Objetivo específico I. Construcción de EDU-Ritmotrón, un artefacto robótico que tiene el fin de actuar como herramienta complementaria para la enseñanza del ritmo en segundo de educación primaria.

2.2.2. Objetivo específico II. Comprobar que los niños aprenden y ordenan las figuras musicales (negra, blanca, corchea y sus correspondientes silencios), en función de su duración, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.

2.2.3. Objetivo específico III. Comprobar que los alumnos son capaces de relacionar duraciones totales de varias figuras rítmicas con otras que equivalgan lo mismo, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.

2.2.4. Objetivo específico IV. Comprobar que los niños reconocen los ritmos cuaternarios utilizando figuras rítmicas como negra, blanca corchea y sus correspondientes silencios, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.

### **3- ESTADO DE LA CUESTIÓN Y RELEVANCIA DEL TEMA**

#### **3.1 Fundamentación teórica**

##### **3.1.1. La música en educación primaria**

Según la Orden EDU/519/2014, de 17 junio, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Primaria en la Comunidad de Castilla y León, el arte va unido a la vida del ser humano y, por ello, constituye parte de su cultura. Las sociedades necesitan, para su desarrollo, tener la capacidad para apreciarlo y conservarlo, expresando y compartiendo ideas y sentimientos desde el principio de la Humanidad y que son universales para todos los seres humanos.

El planteamiento curricular del área de música está dividido en tres líneas de trabajo, una de ellas conocida como “Escucha”, que, en realidad, es transversal a las otras dos. Para una óptima educación intercultural de los alumnos es necesaria una serie de trabajos basados en música diseñada para coreografías y danzas, piezas instrumentales, canciones y distintas audiciones. En esta etapa (educación primaria), para lograr un buen aprendizaje musical, se debe trabajar el cuidado de la voz, del oído, de una correcta postura corporal, de la coordinación de movimientos y relajación. Esta adquisición de virtuosos hábitos en esta etapa proporcionarán una base estable para el futuro. Naturalmente, los conceptos teóricos, la familiaridad con los distintos instrumentos musicales, la historia de la música y el lenguaje musical completarán culturalmente esta formación.

Esta organización ayudará al escolar a desarrollarse como persona, relacionando conceptos con otras asignaturas y mejorando sus competencias, forjándose, así, un aprendizaje globalizado. Por ejemplo, encontramos competencias lingüísticas al abordar comentarios orales o escritos de audiciones e, incluso, de interpretaciones musicales; las matemáticas están presentes en todo momento, pues la música nace de la subdivisión de frecuencias sonoras; las Ciencias Naturales intervienen en la observación de la contaminación acústica y las Ciencias Sociales, desde la Historia que marca las etapas del Hombre en las que la música ha formado parte distintiva de ellas.

En Educación Musical se trabajan tres bloques: la escucha, la interpretación musical y la música, el movimiento y la danza (los tres últimos elementos

formando un único bloque). En el primero se desarrollan los contenidos que se refieren a discriminación auditiva de las cualidades del sonido, la voz y los distintos instrumentos musicales. También se dan a conocer las normas que se deben cumplir ante la presencia de una audición o interpretación, otorgando especial importancia al silencio. El bloque llamado “Interpretación musical y música” conforman los conocimientos del lenguaje musical para ponerlos en práctica mediante la interpretación vocal o instrumental. Por último, en el tercer bloque se trabaja, de forma teórica y práctica, todo lo relacionado con expresión corporal, baile y relajación.

En cuanto a las orientaciones metodológicas que se abordan en esta etapa, se pretende alcanzar un aprendizaje progresivo, mediante la realización de actividades secuenciadas, de manera que los conceptos se apoyan en otros anteriores. Se parte de lo cercano hasta ir conociendo, poco a poco, obras musicales de todo el mundo. Incluso, podríamos decir que, se parte de la audición para llegar a la interpretación de obras con partitura.

Todo este proceso puede desarrollarse con los medios que tenemos a nuestra disposición en la era en que vivimos; hablamos de la tecnología. Es por ello por lo que se hace hincapié en las TIC para iniciar a los alumnos en este conocimiento de manera responsable, así como conocer la informática como herramienta para el tratamiento del sonido o el uso de dispositivos electrónicos como fuente de expresión musical. No obstante, otras habilidades corporales básicas del desarrollo psicomotor también son trabajadas durante esta etapa; estas son la ubicación espaciotemporal, la lateralidad, la motricidad fina o el esquema corporal.

Otro objetivo de esta etapa es el fomento de valores como solidaridad, respeto o colaboración. Por ese motivo, se trabaja la cooperación y el trabajo en equipo cumpliendo con la finalidad principal que es el desarrollo integral de la persona.

Para ayudar en este desarrollo, el maestro deberá combinar metodologías como improvisación, espontaneidad, creatividad y presentar los contenidos de forma progresiva.

Se debe tener en cuenta como parte principal del proceso de enseñanza-aprendizaje la actividad del propio alumno. La participación lúdica debe ser el centro de la expresión artística, será el camino para conseguir la implicación de los alumnos en las actividades de forma activa, creando, así, un clima de naturalidad en el aula que permita consolidar la adquisición de los hábitos necesarios, así como el correcto uso de los materiales.

### 3.1.2. TIC en primaria

Como cita la Orden EDU/519/2014, el uso de las TIC en Educación Musical es uno de los estándares que el maestro tiene como objetivo evaluar, por lo tanto, integrarlo en esta área se considera indispensable ya que aparece recogida en la legislación actual, concretamente en el apartado 9 de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para mejora de la calidad educativa (2013) donde refleja que “las Tecnologías de la Información y la Comunicación [...] se trabajarán en todas las áreas [se entiende que de Primaria]”.

Más adelante, en el apartado 69.5 del mismo Boletín encontramos que:

Se promoverá el uso, por parte de las Administraciones educativas y los equipos directivos de los centros, de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el aula, como medio didáctico apropiado y valioso para llevar a cabo las tareas de enseñanza y aprendizaje (p.97899).

Además, entre los objetivos generales de Educación Primaria reflejados en RD 126/2014, artículo 7, aparecen los siguientes que están directamente relacionados con las Tecnologías de la Información y la Comunicación:

- Iniciarse en la utilización, para el aprendizaje, de las tecnologías de la información y la comunicación desarrollando un espíritu crítico ante los mensajes que reciben y elaboran
- Utilizar diferentes representaciones y expresiones artísticas e iniciarse en la construcción de propuestas virtuales y audiovisuales (p.19354).

Por estas razones, se puede justificar el uso de EDU-Ritmotrón y el software gratuito Scratch en el aula, con el fin de conseguir el logro de los objetivos marcados en materia de TIC en Educación Musical señalados en la normativa estatal y autonómica, así como utilizar ambos recursos para aprender alguno de los contenidos fijados en el área de Educación Musical en la citada legislación. Por lo tanto, se considera necesario el aprendizaje, por parte de los docentes, del uso básico de estas dos herramientas.

### 3.1.3. Scratch

Scratch es una aplicación creada por un equipo de investigación liderado por Mitchel Resnick en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en el año 2007. El propósito de sus creadores se basaba en ofrecer una plataforma de programación informática a la comunidad educativa.

Según Brennan y Resnick (2012), permite a los escolares desarrollar sus propias historias interactivas y juegos con la posibilidad de compartirlos con otros compañeros que pertenezcan a la comunidad online de Scratch.

Este programa se caracteriza por su facilidad de manejo y por no requerir nociones previas de programación para comenzar a utilizar la aplicación.

Programar consiste en establecer una serie de órdenes al ordenador para que las cumpla consecutivamente una tras otra. El medio de comunicación entre la máquina y el programador será el lenguaje de programación. En este caso, Scratch utiliza el lenguaje “LOGO”, diseñado por Seymour Papert en 1968 con propósitos educativos (Resnick, et al., 2009). La finalidad de este lenguaje consta de la implicación activa de los alumnos en su fase de aprendizaje, usando el ordenador como recurso, ayudando a la formación de conocimientos y fomento de la autoestima en la resolución de conflictos.

Papert dio a conocer el construccionismo, según Saxe y Murillo (2004), base principal del lenguaje LOGO. Este desarrolló su teoría constructivista en Ginebra como seguidor directo de Jean Piaget a finales de la década de los 50. Por tal motivo, su estudio manifiesta especial interés en que el escolar trate de “construir” su propio conocimiento, sin dar importancia a los intentos fallidos. De esta manera, el alumno podrá investigar para descubrir qué falló y ver qué debe hacer para solucionarlo.

Las características más destacadas de esta aplicación son su libre distribución actualizable; que los niños son los usuarios a los que está destinado; que su manejo es totalmente intuitivo, ya que el uso de bloques que simulan piezas de puzle permiten encajarse unas con otras solo si se pueden relacionar –desatendiendo, por tanto, a la sintaxis-; que se permite el uso de elementos externos tales como sonidos e imágenes; que existe la posibilidad de compartir los proyectos con otros miembros de la comunidad y su entorno visual muy atractivo.

### 3.1.3.1 El entorno de la aplicación Scratch

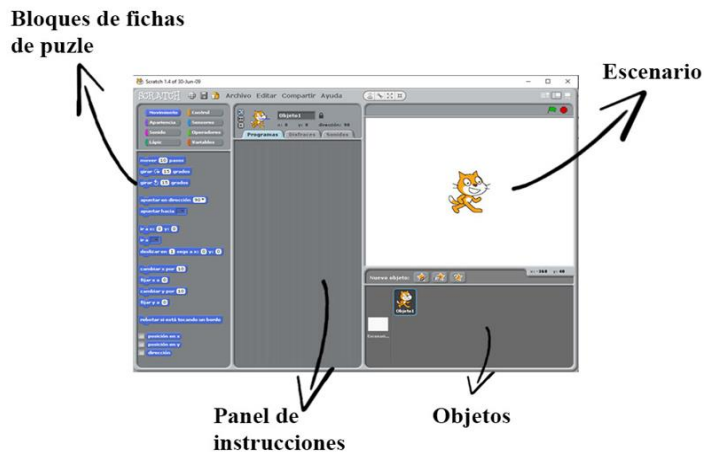


Figura 1- Entorno Scratch – Autoría propia

Scratch tiene 4 zonas de trabajo que permiten, cada una de ellas, configurar las propiedades de los elementos del proyecto que se desee desarrollar.

El escenario es donde sucede la acción y sirve como ventana de vista previa para ver cómo funciona la programación del proyecto que estamos creando.

Los objetos son todos los elementos que interactuarán en el proyecto que estemos desarrollando, ya sean personajes, fondos, objetos propiamente dichos, etc.

Los bloques de fichas de puzle conforman la librería de instrucciones que tiene Scratch para trabajar. Están organizadas por colores siguiendo un criterio de funciones, por ejemplo, las instrucciones relacionadas con sonido están todas agrupadas en la carpeta de color morado.

El panel de instrucciones es el espacio destinado para colocar todas las instrucciones que se cursarán cuando se ejecute el programa. Estos se extraerán de los bloques de fichas de puzle que están a su izquierda. En el bloque instrucciones, se encuentran todas las posibles órdenes necesarias para el funcionamiento del proyecto que se quiera desarrollar.

Scratch permite diseñar programas, creando interacciones con el usuario mediante el ratón, el teclado, sonidos, imágenes y texto. El punto más interesante es la capacidad que tiene para crear órdenes que se ejecutarán tras cumplir una condición.

Por ejemplo:

Si se pulsa la tecla “espacio”, reproduce el sonido “Miau.wav”, si no reproduce “Guau.wav”



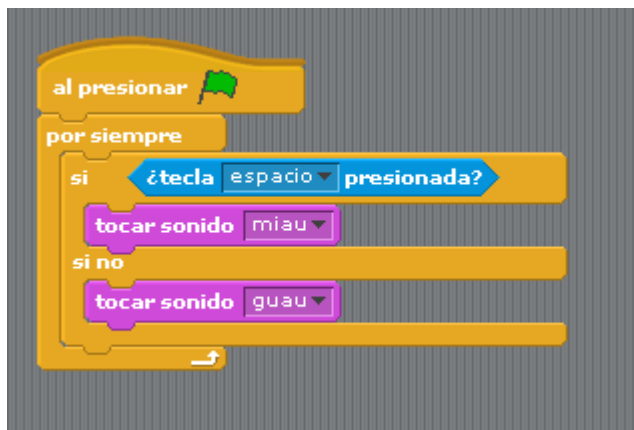


Figura 2- Ejemplo de código Scratch de condición al presionar la tecla espacio – Autoría propia

Todos los bloques están interconectados, es decir, se puede hacer que al presionar una tecla suene un sonido, o que simplemente al pulsar con el ratón en algún punto se mueva un objeto (que será una imagen predefinida con anterioridad).

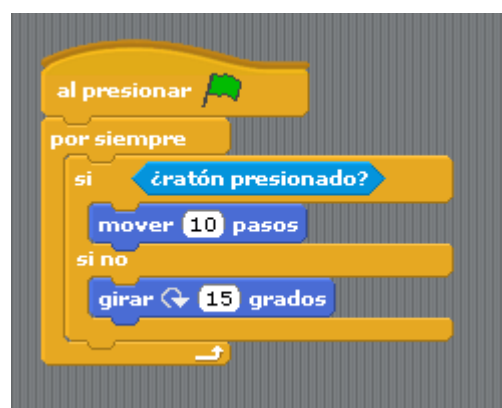


Figura 3 - Ejemplo de código Scratch de condición al presionar el ratón – Autoría propia

Este apartado teórico no tiene como propósito hacer un tutorial extenso sobre cómo aprender a usar Scratch, sino de conocer sus posibilidades. Para conocer en profundidad el uso de este software, hay disponible un videotutorial del que soy autor, que formó parte de la ponencia presentada el 19 de febrero de 2019 titulada “Scratch como recurso educativo”, en la especialidad de Música del Máster Universitario en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato de la Universidad de Salamanca. Puede accederse a su contenido a través de estos enlaces:

#### 1. Presentación y ejemplos:



Figura 4- Miniatura del vídeo: tutorial de introducción a Scratch - Autoría propia

<https://www.youtube.com/watch?v=Evq0U8etWrk&t=635s>

## 2. Ejemplo para su uso en secundaria:



*Figura 5- Miniatura del vídeo: tutorial del proyecto "Línea del tiempo" – Autoría propia*

<https://www.youtube.com/watch?v=B77fqYNWpUc&t=3s>

### 3.1.4. Ritmo musical

La educación moderna en música ha tomado el elemento rítmico como punto de partida. A través de la observación directa, podemos concluir que el ritmo está presente en la mayor parte de los juegos en la infancia. Desde allí, se desarrolla en distintas direcciones, acompañando las diversas facetas en que se manifiesta y expresa la vida del niño (Hemsey de Gainza, 1964).

Según Massimo (2003), al escuchar una pieza musical de cualquier tipo percibimos una sensación, que es el efecto de la interacción de un conjunto de elementos, que podrían resumirse en estos tres:

- Melodía, como parte más evidente, interpretada por un cantante o instrumento solista.
- Armonía, como el conjunto de acordes que apoyan la melodía, acompañándola.
- Ritmo, como el elemento que permite el desarrollo en el tiempo de la frase musical y que regula todos los demás elementos presentes en ella.

A partir de este planteamiento, podemos asegurar que lo que acontece en una pieza musical -no importa el género o estilo-, depende directamente de la marcha rítmica de la propia obra.

Evidentemente, si las notas que componen una melodía no tuvieran una duración exacta y que, además, no estuviera íntimamente vinculada con el desarrollo temporal de la composición, esta no se podría reproducir y, menos todavía, ser reconocida por un oyente.

Lo mismo ocurre con la armonía, es decir, si los acordes que acompañan la pieza no fueran ejecutados respetando la métrica, el resultado sería una ejecución sin coordinación, que no correspondería a la voluntad de su autor y, por lo tanto, sería irreconocible.

Una definición genérica de ritmo, es decir, no estrechamente vinculada con el fenómeno musical podría ser: “El ritmo es el discurrir de los “pulsos” ordenados en el tiempo y la frecuencia con la que se suceden”

Según Zago (2018), ritmo es una palabra griega que pertenece a la clase de sustantivos que indican la acción de medir con exactitud, luego, los latinos lo tradujeron por “numerus” y, por tal motivo, de esta relación con la medida y su correspondiente numeración, nace la correlación directa con el concepto de tiempo o tempo. Los conceptos de ritmo y tiempo o tempo siguen estando íntimamente relacionados en la música, aunque, con acepciones levemente diferentes.

Según Massimo (2003), el ritmo puede ser de dos tipos diferentes: ritmo natural y ritmo artificial. En el primer caso, entendemos todos los pulsos naturales, independientes de la voluntad del hombre, como por ejemplo la alternancia de las estaciones o la sucesión de las olas del mar. En el segundo caso, el elemento predominante será precisamente la intervención del hombre: la constitución y definición de la sucesión de pasos necesarios para cualquier disciplina artística serán los que harán perceptibles las propias formas de expresión, ya sean dinámicas o estáticas.

El ritmo artificial, según Peñalver (2013), a su vez, podría dividirse de nuevo en dos grupos, como ritmo libre y ritmo medido. En el primer caso, la alternativa de sonidos breves y largos da origen al ritmo por adición de la unidad de medida. Este es el mismo caso que se encuentra en los ejemplos de la métrica en la poesía latina. En el segundo caso, el ritmo adquiere su forma a través de la subdivisión de la unidad.

Supongamos el siguiente ejemplo propuesto por Massimo (2003). Imaginemos que estamos recorriendo un tramo recto de una autopista. Nuestro vehículo viaja a una velocidad constante de 10 km/h y el tramo de la autopista que debemos recorrer tiene una longitud de 100 kilómetros.

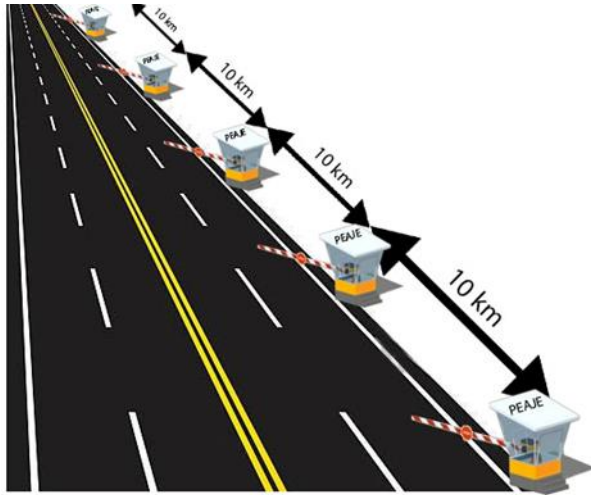


Figura 6 - Ejemplo de autopista con garitas de peaje – Autoría propia

Si en este tramo hubiera salidas con sus correspondientes garitas de peaje a 10 kilómetros de distancia las unas de las otras, nosotros, a partir de nuestra garita de entrada a la autopista hasta la de la salida, encontraríamos las distintas garitas de peaje exactamente cada hora de

viaje. Este ejemplo, permite definir todos los elementos necesarios relativos al ritmo de la música:

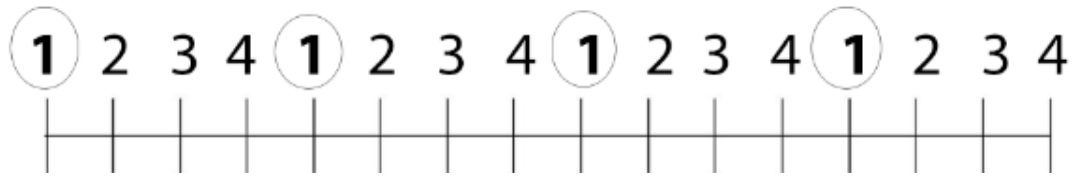
- La velocidad del vehículo es, pues, el tiempo en que se desarrolla el fenómeno.
- La distancia entre las garitas de los peajes de la autopista es, por tanto, la subdivisión del fenómeno en cada uno de los eventos.
- El encuentro entre garitas a la misma distancia en el tiempo (una hora de recorrido entre una y otra) y en el espacio (10 kilómetros de distancia entre ellas), la manifestación codificada y medible de pasos en función del tiempo, es decir, la ejecución de una frecuencia de pasos es el ritmo.

Imaginemos el segmento de línea recta (autopista), pero aplicándole una numeración diferente, compuesta alternativamente por el número 1,2,3 y 4.



Figura 7 - Línea con numeraciones del 1 al 4 alternativamente – Autoría propia

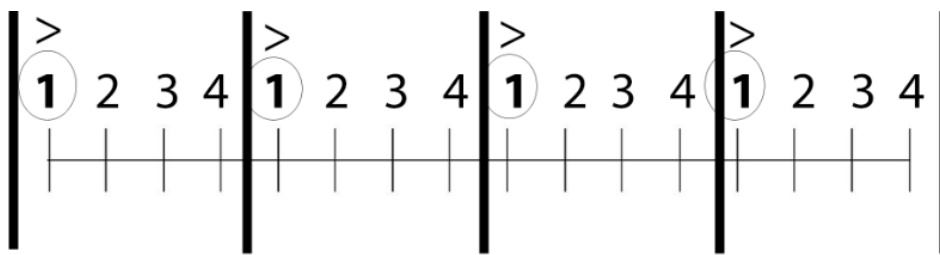
Ahora, tengamos la precaución de pronunciar con mayor acento los números 1, es decir, aumentando el volumen de la voz, para ello se señala a continuación los números 1.



*Figura 8 - Línea todos los números 1 señalados – Autoría propia*

En el primer ejemplo, notábamos un conjunto único y ahora percibimos una repetición de “pequeños conjuntos”. Observaremos como si el pulso 2, 3 y 4 dependieran del 1. En esta diferencia de pronunciación reside precisamente el elemento básico del ritmo: el acento o tiempo.

Para diferenciarlos, se suelen utilizar los siguientes símbolos



*Figura 9- Línea con grupos de 4 con indicación de acento en los números 1 – Autoría propia*

Estas líneas, colocadas como la figura anterior indica, nos permitirán dejar gráficamente claros todos los elementos que constituyen el ritmo en música.

Pulso o movimiento: cada impulso o unidad

Compás o medida: conjunto de pulsos (cuatro en el ejemplo y lo utilizado a lo largo de este proyecto, así como con EDU-Ritmotrón), que cíclicamente se repite en el tiempo

La barra: colocada en los extremos del compás, delimita gráficamente la duración

El acento o tiempo: la fuerza que se da al primer pulso de la medida, indicado por el símbolo “>”.








### 3.1.4.1 Impulsos y valores

Hasta el momento se ha hablado de la duración cronográfica de cada impulso, de la cantidad (número) de los impulsos que forman el compás; pero no se ha dicho nada respecto de “unidad de medida” que es necesaria para poder determinar la duración musical de cada movimiento.

La duración de un compás y, por lo tanto, su cuantificación, se expresa en música mediante una fracción que se lee al principio de la pieza. Se compone de numerador y denominador.

El numerador indica el número de movimientos o de pulsos para cada medida y el denominador muestra la duración de cada impulso, a diferencia del numerador, que se refiere a valores exactos.

Las duraciones estarán en relación con la redonda que corresponde al valor 4/4, es decir, a la duración más larga disponible en escritura musical. De ella se derivarán las siguientes figuras en las que cada una se subdividirá el valor de la anterior como se muestra en el siguiente esquema:

|   |                               |
|---|-------------------------------|
|  | redonda con valor de 4/4      |
|  | blanca con valor de 2/4       |
|  | negra con valor de 1/4        |
|  | corchea con valor de 1/8      |
|  | semicorchea con valor de 1/16 |
|  | semicorchea con valor de 1/32 |
|  | semicorchea con valor de 1/64 |

Como podemos apreciar, la duración de cada valor resulta ser la mitad de la duración anterior y, en consecuencia, el doble de la siguiente. De esta observación se deduce que una redonda es divisible en:

- 2 blancas
- 4 negras
- 8 corcheas
- 16 semicorcheas
- 32 fusas
- 64 semifusas

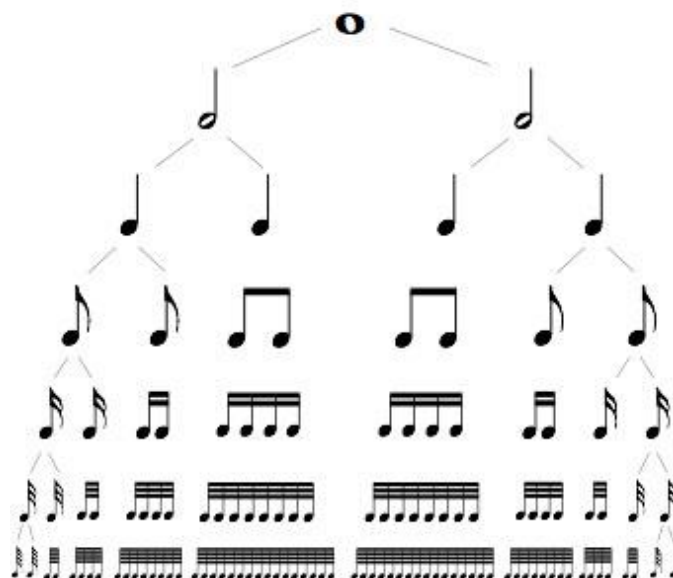


Figura 10 - Esquema de subdivisión de figuras rítmicas – Autoría propia

Ahora, si consideramos la similitud entre el entero, es decir, el valor de la duración de 4/4 y el compás (conjunto de 4/4 a subdividir), observamos que un compás en 4/4 es una medida cuyos cuatro movimientos tienen una duración de  $\frac{1}{4}$  cada uno.

Observamos, que la duración temporal del movimiento depende de la velocidad del metrónomo; con ella, en realidad, se define el tiempo o *tempo* de la pieza y, en consecuencia, la velocidad de ejecución.

Además, vemos que la fracción rítmica es independiente de la velocidad, porque expresa la cantidad y la duración del pulso de cada compás, expresando un valor que no debe ser superado por el conjunto de la duración de las notas que contiene la medida; en nuestro ejemplo, un compás de 4/4 no podrá haber un conjunto de notas que, sumadas entre sí, den como resultado un valor distinto de 4.

A partir de estas consideraciones, se puede observar que, por ejemplo, en un compás de 4/4 se pueden tener dos blancas que duren  $\frac{2}{4}$  cada una, cuatro negras de  $\frac{1}{4}$  u ocho corcheas como se aprecia en la figura 11.

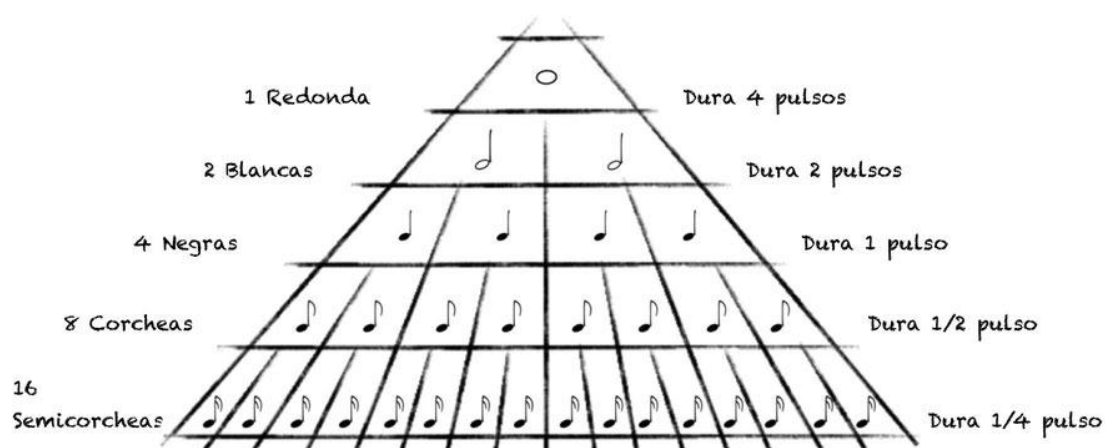


Figura 11 - Relación de equivalencias entre figuras rítmicas - Extraído de Ostinato Music Class

### 3.1.4.2 Pausas

Hasta aquí hemos hablado del concepto de duración de una nota, por tanto, nos hemos referido constantemente al sonido; sin embargo, en música no solo son los sonidos o notas los que tienen una duración determinada. Los silencios, técnicamente definidos como pausas, también tienen duración exacta. Tienen, por lo tanto, su propia representación gráfica que define su valor (Ver Tabla 1).

| NOMBRE      | FIGURA | SILENCIO | VALOR/PULSOS |
|-------------|--------|----------|--------------|
| Redonda     |        |          | 4 Tiempos    |
| Blanca      |        |          | 2 Tiempos    |
| Negra       |        |          | 1 Tiempo     |
| Corchea     |        |          | 1 / 2 Tiempo |
| Semicorchea |        |          | 1 / 4 Tiempo |
| Fusa        |        |          | 1/8 Tiempo   |
| Semifusa    |        |          | 1/16 Tiempo  |

Tabla 1- Relación de figuras con sus silencios

De esto se deduce que el comportamiento rítmico de las pausas está regido por los mismos principios que hemos observado anteriormente. Aunque se trate de silencios, la suma de su valor (y de las notas que pueda haber en la medida) no debe exceder del valor de la fracción rítmica (Massimo, 2003).



### 3.1.5. Metodología Kodaly

#### 3.1.5.1. Origen y difusión

Kodaly (1882-1967) realizó una transformación lingüística del canto popular y un gran tratado del patrimonio folclórico húngaro. Su trabajo fue continuado por sus discípulos y en la actualidad se han recogido en torno a 150.000 cantinelas populares húngaras. Según Mejía (2002), la labor de Kodaly radica principalmente en:

- compilar canciones del pueblo
- clasificar la música popular
- promover la nueva música culta húngara inspirándose en la música folclórica
- realizar una labor didáctica de su técnica entre los profesores

#### 3.1.5.2 El canto

En la metodología Kodaly se trata de desarrollar el oído a través del canto, puesto que la voz humana es el instrumento más natural. Por tanto, se considera como la base de un conocimiento musical general y la destreza del canto como la base de toda acción musical. El objetivo consiste en hacer cantar al niño afinadamente de oído y a la vista de una partitura.

El material de estudio, para Kodaly y sus seguidores, es la canción popular, considerando los instrumentos menos significativos que la voz, aunque los utiliza como acompañamiento de canciones (Mejía, 2002).

#### 3.1.5.3. Importancia del canto y la canción popular

Kodaly considera la canción popular como la lengua materna del niño, así que la educación musical debe comenzar por esta. Este sistema enseña solfeo reconociendo notas de canciones ya memorizadas por el alumno. Esto hizo que se revolucionara la forma de enseñar música ya que provocaba una enorme motivación en el alumno.

La metodología del canto comienza en los hogares, en las escuelas infantiles porque es justamente donde se les enseñan los primeros elementos musicales, dando palmas caminando al compás de una pauta rítmica (Szönyi, Galán, Martorell, 1976).

#### 3.1.5.4. El solfeo silábico

En esta metodología se utilizan algunos recursos que ayudan a la interiorización de los estándares rítmicos de una canción, los dictados y la lectura musical. Éstos son las sílabas métricas.

Negra → ta

2 Corcheas → ti-ti

4 Semicorcheas → ti-ri-ti-ri

Silencio de negra → sil

#### 3.1.5.5. Solfeo relativo y solfeo absoluto

Según Mejía (2002), solfeo absoluto es la capacidad de cantar cualquier melodía en su clave correspondiente sea cual fuese su sistema modal, tonal o atonal. En el solfeo relativo, todas las escalas mayores y menores tienen un mismo orden de todos los tonos y semitonos, llama a la tónica de cualquier escala “do” o “d” si está escrito.

Esto hace que, en un primer momento, se preocupe más por la afinación que por el nombre. Esto recibe el nombre de “do móvil”. Supone aprender sin clave ni tonalidad previa, los intervalos las distancias de las notas a través de nombres temporales.

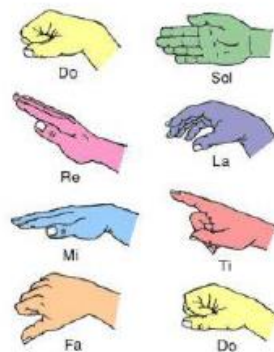
Posteriormente, se enseña el solfeo absoluto una vez que el niño ha asimilado las distancias internalizadas de cada uno de los sonidos y se presentan los nombres absolutos de las notas. Ahora se representarán en mayúsculas. (D, R, M, F, S, L, T)

Las ventajas que ofrece el solfeo relativo es que el alumno puede leer música desde el primer momento, porque los sonidos absolutos y relativos coinciden en el caso de la escala de Do mayor y La menor.

#### 3.1.5.6 Fononimia

En la metodología Kodaly, las manos tienen muchas utilidades, ya sea llevar el compás, trazar líneas melódicas, como instrumento de percusión y representar la altura de las notas relativas (Ver Figura 12).

El principal objetivo es educar al niño, inconscientemente, en una afinación interna auditiva correcta (Rodríguez, 2017).



*Figura 12 - Posición de las manos para representar la altura de las notas relativas. Extraído de Euloarts*

#### 3.1.6. Robótica en primaria: Scratch y robótica educativa

Se entiende por robótica educativa al entorno de aprendizaje que se basa en las tecnologías digitales, que invita a la participación de los estudiantes en el diseño y construcción de proyectos propios. Estos parten de diseños mentales para luego desarrollarlos de forma física, a partir del uso de materiales que, con el debido ensamblado, son controlados por un ordenador (Acuña, 2006).

Para acercar a los niños al mundo de la robótica se puede hacer mediante el uso de aplicaciones que estén diseñadas a tal efecto. Este es el caso de Scratch, un programa que permite a niños y profesores, diseñar y programar proyectos virtuales. Sus múltiples cualidades no acaban en el diseño virtual, sino en la capacidad que tiene

para comunicarse con dispositivos robóticos, que salen del mundo virtual y que permiten una experiencia física.

Estos son algunos de los dispositivos compatibles con Scratch que hay en el mercado:



Figura 13- Kit completo de LEGO Wedo – Extraído de Mercadolibre

- Lego Wedo: un kit que incluye piezas de ensamblaje de la marca LEGO. Contiene múltiples engranajes, coronas, ruedas dentadas, motores, sensores y la interfaz de conexión con Scratch para su correspondiente programación.

- Placas Makey Makey: un kit de robótica que permite cerrar circuitos eléctricos utilizando las propiedades biológicas de algunas superficies, por ejemplo, la piel humana o de las verduras, elementos conductores como papel de aluminio, plastilina o agua. Incluye la interfaz de conexión con Scratch para su correspondiente programación.

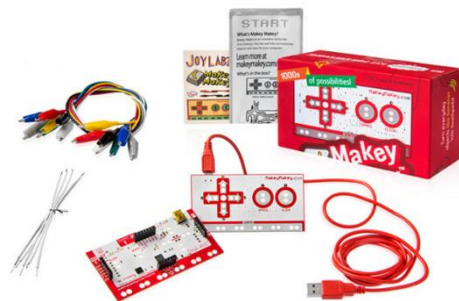


Figura 14- Kit completo de placas Makey Makey – Extraído de Programo Ergo Sum

Estos son algunos ejemplos de proyectos que se han realizado utilizando las placas Makey Makey, publicados en el artículo “Cacharreando: actividades con Makey Makey” y “Scratch en el aula de música” el 11 de diciembre de 2014 en la revista Educación 3.0 (CRA La Sabina de Villafranca de Ebro, 2014)

### 1- Dibujo musical



Figura 15- Alumno conectando las placas Makey Makey en su dibujo – Extraído de Youtube

Este proyecto consiste en realizar una serie de dibujos con lapicero (el grafito que contienen algunos lapiceros es conductor de la electricidad y permite su uso con las placas Makey Makey). Tras poner en contacto las pinzas de conexión con el grafito de los dibujos y programar en Scratch las instrucciones correspondientes, se producen sonidos cuando los niños tocan sus dibujos en el papel.

Enlace del vídeo de demostración: <https://youtu.be/mW29Y9TcILO>

## 2- Piano con plátanos

Esta actividad consiste en realizar un circuito utilizando la piel del plátano como elemento conductor. Tras conectar las pinzas con las pieles de los plátanos y la debida programación en Scratch, se puede simular un piano con solo apoyar el dedo sobre estas piezas de fruta.



*Figura 16- Alumna realizando la actividad "Piano con plátanos" – Extraído de Youtube*

Enlace del vídeo de demostración: <https://youtu.be/NViFkyUAg44>

Por lo tanto, podemos concluir que Scratch es un maravilloso recurso para trabajar el desarrollo de las capacidades musicales junto con otras más propias de la programación lógica. Esto permite trabajar, grupal o individualmente, competencias como la artística, la cultural, sumada al uso de las nuevas tecnologías, estimulando la creatividad del alumno y el desarrollo de sus habilidades en la resolución de conflictos (Monclús, 2015).

### 3.2 Antecedentes

Tras consultar diferentes repositorios, se ha llegado a la conclusión que, hasta la fecha, no hay mucha variedad de trabajos relacionados con esta materia y que aborden específicamente los objetivos de este proyecto de investigación. A continuación, se muestran algunas investigaciones ligeramente relacionadas con este estudio.

#### 3.2.1. Robot educativo de bajo costo que interpreta melodías en piano



*Figura 17 - Brazo robótico que interpreta melodías al piano diseñado por Suescún, Ramírez y Cortés en 2012 – Extraído de Revista Facultad de Ingeniería*

En este artículo se muestra los pasos para la construcción de un brazo robótico de bajo coste, diseñado por Suescún, Ramírez y Cortés (2012), que es capaz de interpretar melodías en un piano. La finalidad de este proyecto está basada principalmente al estudio en ingeniería mecatrónica, pero se hace hincapié en la estimulación que provocaría en los estudiantes de edades tempranas al trabajar con contenidos del área de música.

### 3.2.2. Usando robots para enseñar ritmos musicales a niños con desarrollo típico y niños con autismo



*Figura 18- Robot comercial con habilidades rítmicas – Extraído de University of Connecticut*

Este artículo, creado por distintos especialistas en diferentes áreas como psicología, kinesiólogía, artes y ciencias, -todos ellos de la universidad de Connecticut (Estados Unidos)-, muestra una investigación que arroja resultados positivos sobre el uso de robots comerciales en el proceso enseñanza-aprendizaje de ritmos musicales en niños con autismo.

El proyecto determina que se producen mejoras en la motricidad gruesa, así como el desarrollo en otras habilidades, por ejemplo, sociales (Gifford et al, 2011).

### 3.2.3. The KarmetiK NotomotoN: Una nueva raza de músicos. Robot para la enseñanza y la actuación



*Figura 19- NotomotoN. Robot para enseñar habilidades rítmicas diseñado por Kapur, Darling, Murphy, Hochenbaum, Diakopoulos y Trimpin en 2011 – Extraído de In NIME*

Según Kapur, Darling, Murphy, Hochenbaum, Diakopoulos y Trimpin. (2011), NotomotoN es un robot que permite enseñar habilidades rítmicas a cualquier nivel educativo, haciendo alusión a su facilidad de transporte y sus altas capacidades interpretativas.

## **4- METODOLOGÍA**

### **4.1 Fuentes consultadas**

El proceso de recopilación de información, referente a antecedentes a este proyecto, se realiza con la búsqueda de fuentes bibliográficas impresas y digitales de las siguientes bibliotecas y repositorios digitales:

- Biblioteca de la Facultad de Educación de Salamanca
- Biblioteca Pública Municipal Torrente Ballester de Salamanca
- Biblioteca Municipal Gabriel y Galán de Salamanca
- Biblioteca Municipal Adolfo Miaja de la Muela de Valladolid
- Biblioteca Pública Municipal Blas Pajarero de Valladolid
- Recursos electrónicos Universidad de Salamanca:
  - Academic Search Complete
  - Arts & Humanities Database
  - JSTOR Advanced Search
  - Education Database
  - Career & Technical Education Database
  - ERIC (Educational Resources Information Center)
- Google Scholar
- SCIELO (Scientific Electronic Library Online)

### **4.2 Construcción Artefacto robótico: EDU-Ritmotrón**

#### **4.2.1. Fase de previa al diseño**

En esta fase se formularon todas las cuestiones necesarias para conseguir el logro de los objetivos marcados en este proyecto. A continuación, se analizará uno por uno dichos objetivos matizando qué elementos debían ser tomados en cuenta a lo largo de esta fase.

Objetivo específico I. “Construcción de EDU-Ritmotrón, un artefacto robótico que tiene el fin de actuar como herramienta complementaria para la enseñanza del ritmo en segundo de educación primaria”.

Para cumplir con éxito este objetivo se debía construir un artefacto robótico, compuesto de piezas móviles (motores, rodamientos), gobernado por un microprocesador; piezas, cuyo coste económico pudiera asumirse dentro del presupuesto marcado para la realización de este proyecto.

En relación con la enseñanza del ritmo, se debía plantear material que el alumno pudiera identificar como elementos del ritmo, por ese motivo, se optó por el diseño e impresión 3D de las distintas figuras rítmicas.

El curso al que iba orientado obligaba a elaborar un trabajo sencillo, con colores atractivos y que cumpliera unas garantías de seguridad, bordes redondeados, superficies esponjosas, velocidad lenta del motor, etc.; uso de materiales no tóxicos, como la impresión de las piezas en PLA (ácido poliláctico) o adhesivos como pegamento termofusible. Este adhesivo está compuesto por un copolímero del acetato del etileno-vinilo utilizado en la industria para la construcción de pañales, prendas desechables, almohadillas de pegamento para sonar las claves de instrumentos musicales de viento madera como el saxofón.

Objetivo específico II. Comprobar que los niños aprenden y ordenan las figuras musicales (negra, blanca, corchea y sus correspondientes silencios) en función de su duración, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.

Para llegar a trabajar con los contenidos curriculares de figuras musicales, era necesario que los niños vieran en alguna parte del robot la representación de estas. Tendiendo en cuenta la etapa de desarrollo evolutivo de operaciones concretas a la que pertenecen los alumnos de segundo curso de educación primaria, los materiales con los que deben trabajar tienen que ser de carácter manipulativo. Por esa razón, convenía hacer el diseño, y posterior impresión 3D, de las figuras musicales.

Para que los alumnos puedan ordenar las figuras musicales siguiendo un criterio de duración, debían relacionar cada una de ellas con un valor. Teniendo en cuenta que los nuevos materiales pedagógicos, que se utilizan en la mayoría de los centros escolares, para el estudio de la noción de cantidad son las Regletas de Cuisenaire, siguiendo esa idea, había que diseñar un material que relacionara los valores de duración de las figuras musicales con las distancias de unas regletas que irían adosadas a cada una de ellas.

Objetivo específico III. Comprobar que los alumnos son capaces de relacionar duraciones totales de varias figuras rítmicas con otras que equivalgan lo mismo, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.

Para que los alumnos puedan comprender que la suma de las duraciones de varias figuras musicales equivale a otra de un valor superior, era necesario crear una

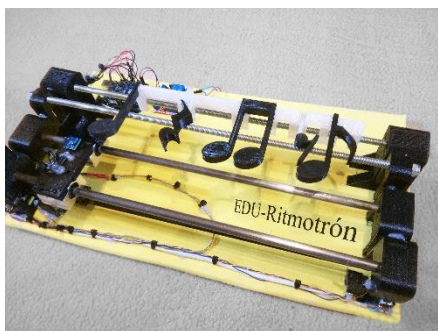


plataforma donde se pudiera colocar una regleta al lado de otra y se pudiera comprobar, fácilmente, que la suma de ambas mide la misma longitud que otra equivalente.

Objetivo específico IV. Comprobar que los niños reconocen los ritmos cuaternarios utilizando figuras rítmicas como negra, blanca corchea y sus correspondientes silencios, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.

Para que los alumnos puedan reconocer ritmos cuaternarios es necesaria la práctica y la repetición. Por ello, la creación de un robot que pudiera interpretar ritmos de estas características podría ser la manera de lograr este objetivo.

#### 4.2.2. EDU-Ritmotrón



*Figura 20- EDU-Ritmotrón*

EDU-Ritmotrón es un artefacto robótico que es capaz de interpretar un ritmo cuaternario de un compás de duración. El robot se compone de dos partes fundamentales, las piezas removibles y la parte electromecánica.

La primera, son un conjunto de piezas que representan las figuras musicales blanca, negra y corchea, así como sus correspondientes silencios. Se consideran removibles porque se pueden extraer del cuerpo del robot, formando un material con función propia, es decir, no es necesario el uso de la parte electromecánica para utilizarlas en el aula como material complementario. Con ellas, se trata de dar respuesta a dos de los objetivos de este proyecto. Las piezas que representan las figuras musicales están compuestas de las siguientes partes:



*Figura 21 - Conjunto de piezas removibles de EDU-Ritmotrón, que representan las figuras musicales*

- Representación de la figura musical: tanto la forma como sus proporciones recuerdan una figura musical concreta.

- Regleta de duración: cada figura tiene asociada una duración en música. En este proyecto se ha relacionado la duración de la figura con la longitud de la

regleta, pudiendo fácilmente identificar que figuras tienen mayor o menor duración, observando simplemente la longitud de las regletas.



Figura 22- Plataforma de EDU-Ritmotrón y anclajes de las piezas removibles a esta.

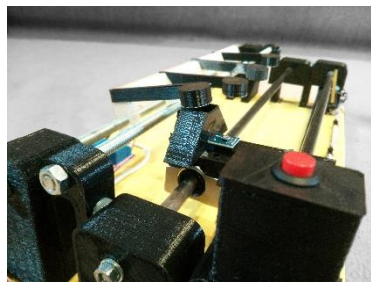


Figura 23- Pulsador para accionar EDU-Ritmotrón

- Anclajes a la plataforma: cada pieza tiene un anclaje en forma de arco que sirve para colocarlas en la plataforma de lectura. Tienen esa forma para que pueda oscilar en el momento que esa figura musical esté siendo interpretada.

La segunda parte consta de un sistema electromecánico que realiza la lectura de las piezas removibles enviando impulsos eléctricos digitales a un ordenador, donde serán interpretados en forma de sonido, por una aplicación de libre distribución llamada Scratch.

Una vez colocadas en la plataforma adecuada el conjunto de figuras musicales, EDU-Ritmotrón está listo para su interpretación. Al pulsar el botón rojo, el robot hace un desplazamiento de izquierda a derecha de su sensor IR para detectar las figuras que han sido colocadas.

Cada vez que el sensor IR pasa por debajo de una figura musical, esta se levanta indicando que está siendo reproducida y al mismo tiempo Scratch, una aplicación instalada en un ordenador, reproduce esa figura con el timbre que se haya configurado.



Figura 24- Ejemplo de código Scratch para comunicarse con EDU-Ritmotrón



Figura 25- EDU-Ritmotrón funcionando

En el siguiente enlace se puede ver EDU-Ritmotrón funcionando.

<https://youtu.be/IKAKTm-XP48>

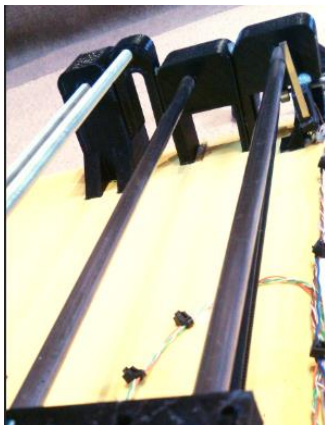
#### 4.2.3. Fase de diseño

En esta fase se da todo el proceso de diseño del robot, así como de su protocolo de comunicación con el ordenador y Scratch.

##### 4.2.3.1. La base

El robot va soportado en una base de madera de unas dimensiones que permitan su transporte fácil al aula. Se decide forrar la superficie de esta con Etilvinilacetato (conocido como goma EVA) por varias razones, la primera por una cuestión estética, ya que existe una gama de colores llamativos que dan un aspecto atractivo a la base de EDU-Ritmotrón, la segunda, por seguridad, ya que este material tiene una textura blanda, semi acolchada. Esto hizo que se determinara como el componente ideal para revestir la base (Ver Anexo II).

##### 4.2.3.2. Ejes del carro

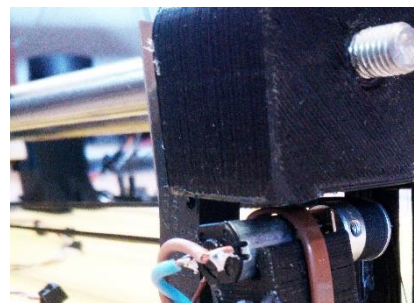


*Figura 26- Ejes del carro que desplaza el sensor IR*

El robot interpreta las figuras musicales de izquierda a derecha, como la lectura convencional. Para ello, un sensor lector IR se desplaza a lo largo de un doble eje horizontal. Los ejes se posicionan en paralelo y tienen un grosor concreto, porque a través de ellos, transitan dos rodamientos lineales que facilitan su desplazamiento (Ver Anexo II).

##### 4.2.3.3. Movimiento del sensor lector IR

El componente que se encarga de mover el sensor lector IR es un motor. Este está acompañado de una reductora para reducir su velocidad final -por una cuestión de seguridad- y para ganar potencia de arrastre, es decir, que cuente con la capacidad de mover el sensor lector IR de izquierda a derecha y viceversa (Ver Anexos II y III).



*Figura 27- Alojamiento del motor con reductora de EDU-Ritmotrón*



*Figura 28- Detalle de la correa dentada utilizada para el desplazamiento del carro donde se ubica el sensor IR*

La transmisión entre el motor y el sensor lector IR se resuelve con el uso de una correa dentada. Debe ser dentada para evitar la pérdida de tracción y evitar resultados indeseados en la reproducción del ritmo. (Ver Anexo II)

#### 4.2.3.4. Figuras musicales

Las piezas que representan las figuras musicales fueron impresas en ácido poliláctico (PLA), material biodegradable derivado del almidón de maíz que permite ser extruido por una impresora 3d.

Cada una de las piezas fue diseñada en Sketchup, un programa informático de edición 3D y, posteriormente, impresas en el material indicado con los colores que correspondían en cada caso, siendo en su mayoría negro.

El diseño de las piezas que representaban a las figuras musicales está compuesto por tres partes: la primera, la figura rítmica; la segunda, la regleta correspondiente a la figura rítmica y la tercera, una serie de anclajes en forma de arco colocados en la parte trasera de la pieza. Este anclaje es el que permite colocar cada una de las figuras musicales en las barras de apoyo de EDU-Ritmotrón (Ver Anexo III).



*Figura 29- Fotografía de la impresión 3D de una de las piezas removibles de EDU-Ritmotrón*

#### 4.2.3.5. Barras de apoyo de las figuras musicales

Las figuras musicales, para ser interpretadas por el robot, necesitan estar apoyadas, utilizando sus anclajes, en unas barras que deben tener un grosor determinado y dispuestas en forma paralela con los ejes del carro y entre sí (Ver Anexo II).



#### 4.2.3.6. Sensor Lector IR

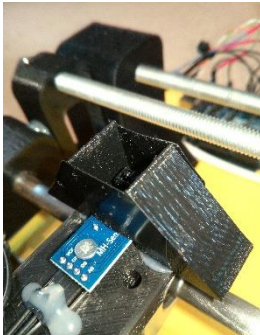


Figura 30- Detalle del sensor IR

El lector encargado de detectar cuando hay una figura para leer es un lector IR (infrarrojos) orientado hacia arriba. Un sensor de infrarrojos tiene como misión enviar un haz de luz infrarroja (no visible por el ser humano) que al rebotar sobre otra superficie regresa al lector, donde una fotorresistencia IR detecta su regreso. Hay colores, como el negro, que no permiten que rebote el haz de luz porque absorbe toda

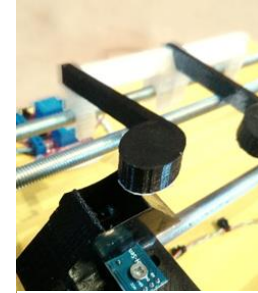


Figura 31- Sensor IR leyendo

su luminosidad, por ese motivo aquellas figuras musicales que queramos que sean interpretadas llevarán una marca blanca en su parte inferior. Los silencios, en cambio, no llevan esa marca blanca para que el sensor IR no los detecte y no suene esa figura que, en realidad, representa pausa (Ver Anexos II y III).

#### 4.2.3.7. Parte electromecánica



Figura 32- Detalle de los relés de disparo de EDU-Ritmotrón

EDU-Ritmotrón se compone de partes que combinan la mecánica con la electricidad, por ejemplo, los relés de disparo. El robot cuenta con dos relés, que se activan por orden del microprocesador, para dar paso de corriente eléctrica al motor. Se necesitan dos relés para permitir el paso de la corriente continua polarizada de una manera o de otra, para conseguir que el motor gire en ambos sentidos.

El robot se comunica con los usuarios mediante el uso de un pulsador eléctrico, cuya función es notificar al microprocesador que las figuras musicales ya han sido colocadas en su ubicación correctamente y que está todo preparado para realizar la interpretación del ritmo (Ver anexo I).

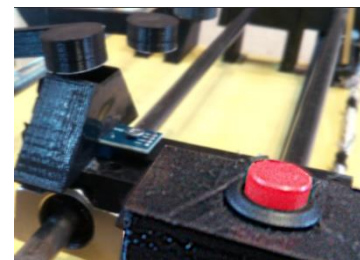
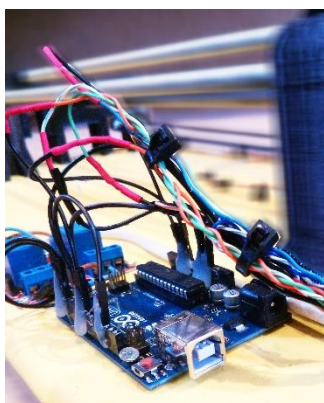


Figura 33- Detalle del pulsador rojo de EDU-Ritmotrón

#### 4.2.3.8. Microprocesador



*Figura 34- Detalle del microprocesador que integra EDU-Ritmotrón, con la ubicación exacta de su puerto USB para su conexión con un PC*

Para el diseño de EDU-Ritmotrón se ha utilizado un dispositivo Arduino, que se compone de un microprocesador ATMEGA con 14 puertos de conexión de entrada y de salida, analógicas y digitales. Dispone también de interfaz USB para su conexión con el ordenador. Arduino está distribuido bajo la Licencia Pública General de GNU (GPL), que consiste en una licencia de derecho de autor utilizada en el ámbito del software libre y código abierto. Esta asegura a los usuarios la libertad de uso, estudio, compartición y modificación del software (Cataldi y Salgueiro, 2007).

En el microprocesador se programan todas las instrucciones que necesita EDU-Ritmotrón para ejecutar su trabajo. Consiste en un código programado en C++ que le dice al microprocesador cómo debe actuar (Ver Anexos I y IV).

#### 4.2.3.9. Comunicación con Scratch

El microprocesador tiene, en su memoria almacenado, el código C++ que hace que se transforme la señal recibida por el sensor IR en una señal USB de teclado estándar, es decir, cuando el sensor IR detecta una figura, el microprocesador envía por el puerto USB, directo hacia el ordenador, la simulación de la tecla A de un teclado informático convencional. Dicho en otras palabras, imaginemos que una persona quiere interpretar un ritmo utilizando percusión corporal, por ejemplo, palmas. Supongamos que, en vez de utilizar las palmas, apoya su dedo sobre la tecla A de un teclado de ordenador y la pulsa cada vez que quiere hacer un sonido como si estuviera dando palmas. Este es justamente el comportamiento de EDU-Ritmotrón. Pulsa la tecla A cuando encuentra una figura musical, distinta a un silencio. La única diferencia es que EDU-Ritmotrón no necesita apoyar nada sobre la tecla A del teclado del ordenador, sino que lo hace mediante impulsos electrónicos digitales a través del puerto USB del ordenador.

En el ordenador debe estar instalada la aplicación Scratch con una simple programación: “si alguien pulsa la tecla A, haz sonar el sonido del tambor” (Ver figura 35). De esta manera, Scratch obedece las instrucciones y se comunica con EDU-Ritmotrón utilizando una vía de comunicación humana, la tecla A.



*Figura 35- Ejemplo de código Scratch para comunicación con EDU-Ritmotrón*

#### 4.2.4. Fase de solución de dificultades técnicas

A lo largo de la fase de diseño surgieron una serie de dificultades técnicas que se tuvieron que resolver, para lograr exitosamente los objetivos marcados.

La primera dificultad técnica venía derivada de la velocidad del motor. Los motores eléctricos, por más que se les excite con voltajes muy bajos, tienden a girar a más de 1000 rpm, lo cual significaría un movimiento del sensor IR demasiado elevado que supondría, por un lado, un tempo excesivamente alto en la reproducción del ritmo y, por otro lado, un elemento que no garantizaría las condiciones de seguridad para los alumnos de estas edades. La solución fue acoplar al motor una reductora que imprimiera más potencia y menos revoluciones, dejándolas en torno a las 400 rpm.

Otra dificultad técnica consistió en conseguir un movimiento fluido del carro que mueve el sensor IR. Por más que el motor contara con una reductora que aumentaba su potencia, no hay que olvidarse de la escasa capacidad de arrastre que tienen los motores eléctricos de esas dimensiones. La solución fue incorporar unos rodamientos lineales que rodean los ejes facilitando y dirigiendo su desplazamiento en línea recta (Ver Anexo II).

La idea inicial, en cuanto a la lectura de la figura musical, partía de una especie de microrruptor que sería pulsado por efecto del peso de la figura musical a su paso por debajo de ella. Tras las primeras pruebas, resultó que la figura musical no tenía suficiente peso como para accionar un microrruptor, así que hubo que descartar esa idea. La solución fue no optar por un contacto físico sino óptico, por eso el empleo de un sensor IR, que como se explicó anteriormente, no necesita contactar superficialmente con nada para accionarse y realizar una lectura (Ver Anexos II y III).

### **4.3 Puesta en práctica**

#### **4.3.1. Objetivo**

Para poder hacer un correcto análisis de los datos es necesario establecer una comparación entre una evaluación realizada con los alumnos antes de hacer uso de EDU-Ritmotrón y otra después. El objetivo será comprobar si los valores de la segunda evaluación han resultado mejores respecto de la prueba inicial. Este objetivo está íntimamente relacionado con los objetivos principales de este trabajo de investigación.

#### **4.3.2. Destinatarios y muestra**

Los objetivos generales localizan su estudio en alumnos de segundo de educación primaria. Esto se debe a que el diseño de EDU-Ritmotrón está orientado a la enseñanza de diversos contenidos reflejados en Orden EDU/519/2014, de 17 junio, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Primaria en la Comunidad de Castilla y León, para este curso.

La muestra se realizó con un grupo de alumnos de un colegio privado-concertado del distrito centro de Salamanca. Participaron un total de 26 alumnos (15 niñas y 11 niños) de segundo curso de educación primaria. El colegio se caracteriza por la condición de centro inclusivo, lo que significó que en la muestra se contara con una alumna con parálisis cerebral y otra con una leve disminución visual. Ambas perfectamente capacitadas, con las debidas adaptaciones, para llevar a cabo el estudio.

Los alumnos que acuden a este centro escolar pertenecen a familias con un nivel socioeconómico medio. Algunos de ellos, realizan actividades extraescolares por las tardes. Solo dos alumnos acuden a clase de música, siendo un 7,7% del total de la muestra. De todas formas, este valor no afecta al estudio, porque este porcentaje no marcará diferencias significativas entre la prueba inicial y final en el total de la muestra.

#### **4.3.3. Recursos utilizados**

- Aula, pizarra, proyector, EDU-Ritmotrón, ordenador, aplicación Scratch instalada, fotocopias de las fichas de evaluación inicial y final.



#### 4.3.4. Técnicas de recogida de información

El proceso de recogida de datos se realizó a lo largo de dos sesiones. Se tomó esta decisión porque había que acometer varias actividades de evaluación inicial y final, así como el uso, propiamente dicho, de EDU-Ritmotrón y teniendo en cuenta la edad de los participantes de la muestra, se diseñó la recogida de información de esta manera.

Ambas sesiones constaban de ejercicios e intervenciones que estaban elaboradas siguiendo los contenidos del Bloque 2 (La interpretación musical) del segundo curso de educación primaria, según la Orden EDU/519/2014, de 17 junio, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Primaria en la Comunidad de Castilla y León.

##### 4.3.4.1. Contenidos

Los contenidos que se trabajan, según la Orden EDU/519/2014, de 17 junio, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Primaria en la Comunidad de Castilla y León, son:

- Lenguaje musical aplicado a la interpretación de canciones. Conceptos básicos. El pentagrama y la clave de sol. Las notas musicales. Las figuras y los silencios.

- Las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la creación de producciones musicales sencillas.

##### 4.3.4.2 Criterios de evaluación

- Explorar y utilizar las posibilidades sonoras y expresivas de diferentes instrumentos y dispositivos electrónicos.

##### 4.3.4.3. Estándares de aprendizaje evaluables

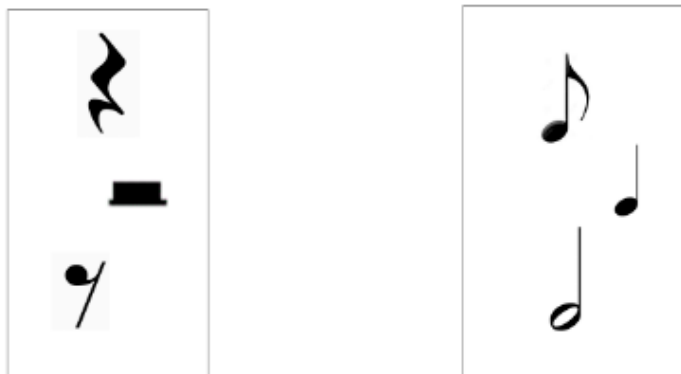
- Conoce elementos básicos del lenguaje musical para la interpretación de obras.

- Utiliza los medios audiovisuales y recursos informáticos aplicados a la creación de producciones musicales sencillas.

#### 4.3.4.4. Sesión 1

Esta sesión formó parte de la fase inicial, que se realizó mediante una prueba escrita que los alumnos contestaron con la guía del investigador. A continuación, se muestran las actividades que se llevaron a cabo durante el desarrollo de la prueba inicial.

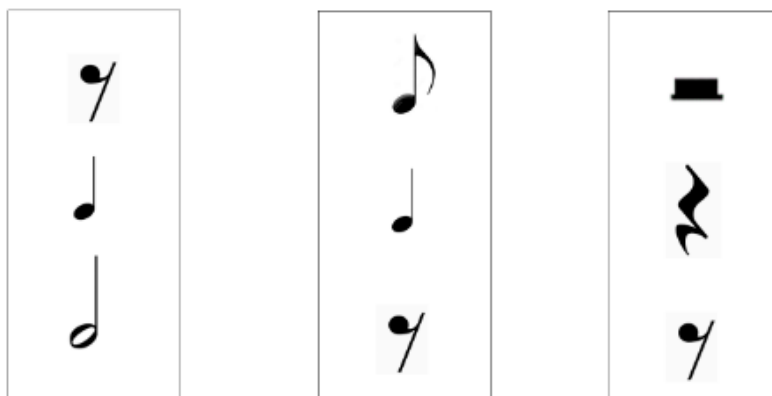
*1 - Une con flechas las figuras que tengan la misma duración*



*Figura 36 - Actividad 1 de la prueba inicial - Autoría propia*

En este primer ejercicio, encontramos figuras a izquierda y a derecha que tienen distintos valores de duración coincidentes por parejas. El alumno debía identificar qué figuras de la izquierda se podían emparejar con las de la derecha siguiendo el criterio de duración.

*2 - Rodea con un círculo la figura que dura más de cada columna.*



*Figura 37- Actividad 2 de la prueba inicial - Autoría propia*

El segundo ejercicio también tenía que ver con la duración de las figuras y su relación entre ellas. El alumno debía identificar, de cada columna, qué figura musical es la que tenía mayor valor.

### 3 - Rodea el ritmo que has escuchado

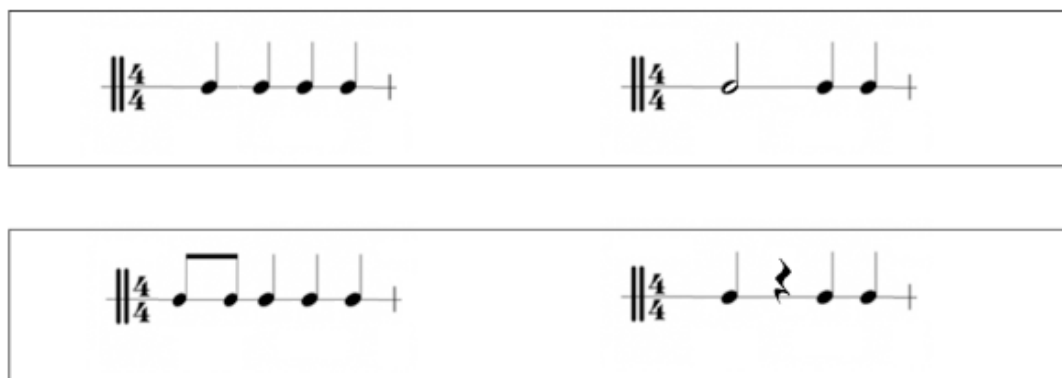


Figura 38 - Actividad 3 de la prueba inicial - Autoría propia

El tercer ejercicio de la prueba inicial tenía que ver con la identificación del ritmo que habían escuchado. Con la ayuda de un instrumento de percusión, en este caso, un pandero golpeado con maza, se interpretó un ritmo de cada una de estas dos filas.

### 4 - Tacha los cuadros que no duren lo mismo

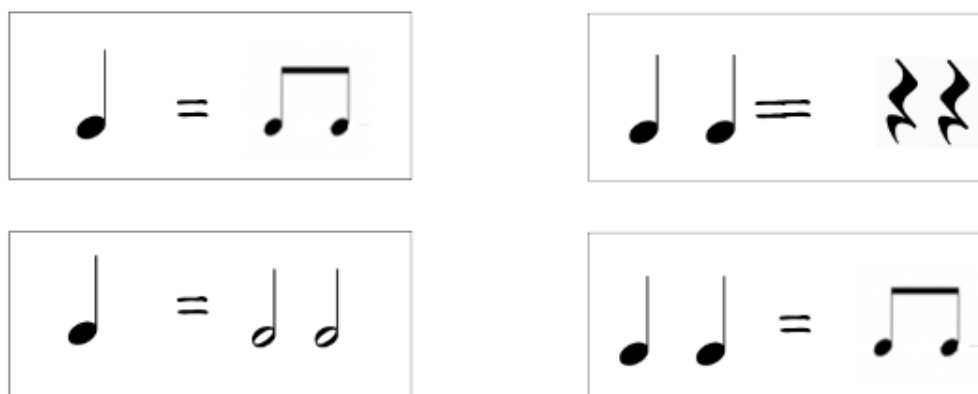


Figura 39- Actividad 4 de la prueba inicial - Autoría propia

La cuarta, y última, prueba consistió en evaluar la capacidad que tenían los alumnos de relacionar más de una figura a la vez, obteniendo su valor total.

Para ello, debían relacionar la duración total de la/s figura/s de la izquierda con las de la derecha.

Esta prueba inicial permitió identificar desde qué punto se partía en relación con los objetivos de este proyecto y poder comparar, de esta manera, la diferencia entre antes y después de usar EDU-Ritmotrón.

La temporalización para esta prueba inicial se diseñó para llevarse a cabo en 25 minutos, ajustándose notablemente al tiempo que en realidad invirtieron para hacerla. Hay que tener en cuenta los tiempos que se dedicaron a la explicación y ejemplificación de cada uno de los ejercicios en el lenguaje apropiado a la edad de los alumnos.

La sesión del primer día estuvo parcialmente ocupada por la prueba inicial, por lo que se dedicó el resto de la clase para la presentación de algunas de las partes de la máquina.

A lo largo de esta sesión, los alumnos trabajaron las siguientes competencias:

- Competencia lingüística: los alumnos deben comprender las instrucciones y explicaciones del que dirige la actividad.
- Competencia aprender a aprender: se dan la oportunidad de aprender nuevas cosas y controlar su proceso de aprendizaje.
- Competencia social y cívica: implica conocimientos que permitan comprender y analizar de manera crítica los códigos de conducta y los usos generalmente aceptados en el aula.
- Competencia sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor: permite tener una conciencia crítica que les permita hacer juicios de valor.
- Competencia de conciencia y expresiones culturales: adquirir un respeto por las ideas y manifestaciones de sus compañeros.
- Competencia matemática: la música comparte con las matemáticas aspectos como la utilización de modos de representación y de pensamiento lógico y espacial.

#### 4.3.4.4.1. Presentación de las piezas móviles-removibles

de EDU-Ritmotrón



*Figura 40- Piezas removibles de EDU-Ritmotrón, que representan las figuras musicales*

Una vez recogidas las fichas de la prueba inicial, se les mostraron las piezas de la máquina que representan las figuras rítmicas: negra, blanca y corchea, así como sus silencios.

Observamos la regleta que relacionaba la duración de la figura y las comparamos entre sí, así como la equivalencia, en duración, con sus silencios. Entregamos las distintas piezas a los diversos grupos de mesas para que pudieran manipularlas y trabajar con ellas.

Por grupos, se fueron comparando qué regletas eran más largas y cortas, mediante preguntas de tipo:

- ¿Qué figuras tienen la regleta más larga?
- ¿Qué figuras tienen la regleta más corta?

Para ayudarnos en el proceso, las fuimos nombrando para reconocerlas, completando las nociones con el uso de las sílabas de la metodología Kodaly.

Nos ayudamos de imágenes de corchea, negra, blanca y sus silencios con proyecciones en la pizarra digital.

Una vez concluimos con la manipulación de las regletas y sus longitudes, comparamos su duración con la de los silencios, observando que los que reciben el mismo nombre tienen la misma longitud de regleta y, por tanto, la misma duración.

La temporalización correspondiente a la presentación de las regletas -parte removible de EDU-Ritmotrón- ocupó el resto de la sesión, es decir, 35 minutos.

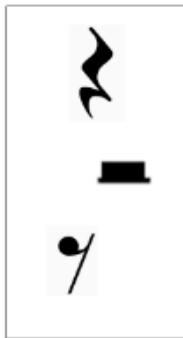
#### 4.3.4.5 Sesión 2

Comenzamos la sesión haciendo un recordatorio del día anterior, de los nombres de las figuras, de la ordenación de los valores en función de la longitud de sus regletas y, por tanto, su duración. Recordamos, utilizando sílabas de la metodología Kodaly, cómo se silabeaban rítmicamente.

La temporalización para este ejercicio de repaso de conocimientos anteriores se diseñó inicialmente en cinco minutos, que resultó ser un poco más, debido a unas cuestiones de actitud en el aula, invirtiendo finalmente 10 minutos en esta actividad.

A continuación, se les facilitó a los alumnos, individualmente, una ficha con dos actividades:

*1 - Une con flechas las figuras que tengan la misma duración y las regletas del mismo tamaño*



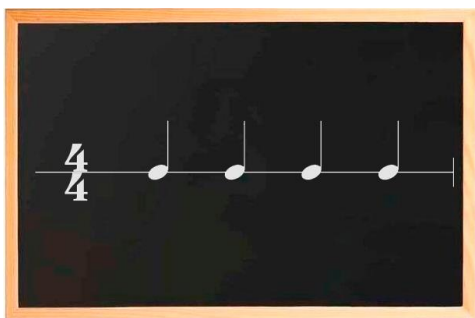
*2 - Rodea con un círculo la figura que dura más de cada columna y que tenga la regleta más larga.*



Figura 41 - Actividades 1 y 2 de la prueba final - Autoría propia

Ambas actividades evalúan los mismos objetivos que en la prueba inicial, solo que la pregunta está formulada haciendo referencia a la longitud de las regletas. En el primer ejercicio, debían relacionar la figura con su silencio, teniendo en cuenta la duración de ambos, en el segundo, debían identificar la nota de más valor de cada una de las columnas.

La temporalización predefinida para esta actividad era de 15 minutos, resultando aproximadamente así el día de la puesta en práctica.



*Figura 42- Representación de un ritmo cuaternario formado por cuatro negras dibujado en la pizarra*

El siguiente punto de intervención fue la presentación de EDU-Ritmotrón. Antes de comenzar, se dibujó un ritmo cuaternario formado por cuatro negras. A continuación, se vocalizaron rítmicamente con sílabas Kodaly y se representó con percusión corporal, en este caso, con palmas. Acto seguido, se colocaron las cuatro piezas que representan las negras en EDU-Ritmotrón y se hizo reproducir para que comprobaran que lo que habían hecho con palmas y con las sílabas Kodaly se ajustaba a lo que reproducía la máquina.

A continuación, se hicieron variaciones, incorporando silencios y otras figuras, de forma que fueran viendo las diferencias de los distintos ritmos. Como ejercicio motivador, se les propuso un concurso que constaba en adivinar cómo iba a reproducir el ritmo la máquina. Un alumno al azar colocaba piezas en ella y, antes de darle a reproducir, tenían que adivinar cómo iba a ser el ritmo, representado con palmas o silábicamente. Durante la sesión, intercalamos el uso de un pandero. De esta manera, los niños observaban que los ritmos se podían hacer con cualquier instrumento y que todos siguen las mismas normas de tiempo, pulso, compás etc.

Tras este ejercicio, colocamos en EDU-Ritmotrón cuatro negras, acto seguido se extrajo una de ellas y se colocaron, en su lugar, dos corcheas (Ver figura 43). Se repitió este procedimiento con varias figuras que equivalían en valor de duración. Los niños se dieron cuenta de que se podían sustituir regletas por otras de valores divisores. Así, comprendieron que la corchea vale la mitad que una negra, esta la mitad que una blanca y, de la misma manera, ocurría con sus silencios. Incluso, ellos mismos proponían sustituciones. Quitaban una blanca e incorporaban cuatro corcheas y, así, sucesivamente.



*Figura 43- Ejemplo en tres fases. Primera: cuatro negras. Segunda: se elimina una negra. Tercera. Se sustituye la negra por dos corcheas*


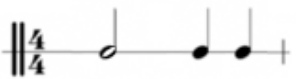


Las competencias que los alumnos desarrollaron con esta intervención son las mismas que las que están definidas en la sesión previa, con la diferencia de que, en esta sesión, se incluyó el desarrollo de la competencia digital, que permite a los alumnos interactuar con las nuevas tecnologías.

El diseño de la temporalización de esta parte de la sesión debía tener en cuenta que en los últimos 10 minutos se les pasaría a los alumnos la última prueba, que daría lugar a la última recogida de datos. Por tanto, se diseñó esta intervención para acometerla en 20-25 minutos.

Llegado a este punto, se optó, según programación, por pasar la última prueba, basada en una ficha individual con los siguientes ejercicios.



3 - Rodea el ritmo que has escuchado

|   |  |
|---|--|
|  |  |
|  |  |

4 - Tacha los cuadros que no duren lo mismo

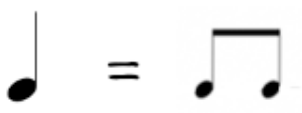
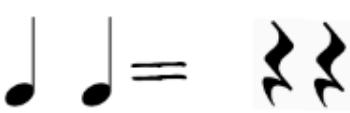
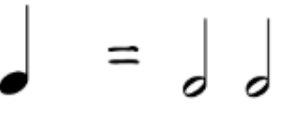
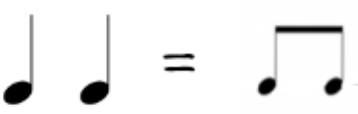
|  |   |
|--|---|
|   |   |
|  |  |

Figura 44 - Actividades 3 y 4 de la prueba final - Autoría propia

Estos dos últimos ejercicios evaluaban los mismos contenidos que en la prueba inicial. El primero constaba en la identificación de lo que reproducía la máquina, sin que los alumnos pudieran ver las figuras rítmicas colocadas; en el segundo y último ejercicio, los alumnos debían recordar esa práctica que hicimos de retirar algunas figuras para sustituirlas por otras de igual duración.

## 5- RESULTADOS

### 5.1. Resultados obtenidos

Para evaluar la prueba inicial se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

La valoración de cada uno de los cuatro ejercicios era de 2,5 puntos, siendo un total de 10 puntos la prueba completa. Cada ejercicio puntuaba en función de la siguiente tabla de valoración:

|                    | 0 aciertos | 1 acierto   | 2 aciertos  | 3 aciertos  | 4 aciertos |
|--------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| <b>Actividad 1</b> | 0 puntos   | 0,83 puntos | 1,66 puntos | 2,5 puntos  | -----      |
| <b>Actividad 2</b> | 0 puntos   | 0,83 puntos | 1,66 puntos | 2,5 puntos  | -----      |
| <b>Actividad 3</b> | 0 puntos   | 1,25 puntos | 2,5 puntos  | -----       | -----      |
| <b>Actividad 4</b> | 0 puntos   | 0,63 puntos | 1,26 puntos | 1,89 puntos | 2,5 puntos |

Tabla 2 - Criterios de puntuación de cada uno de los ejercicios de las pruebas

Los resultados de la prueba inicial de toda la clase fueron los siguientes:

|    | A           | B                                  | C                                  | D                                  | E                                  | F                                  |
|----|-------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1  |             | Actividad 1<br>sobre 2,5<br>puntos | Actividad 2<br>sobre 2,5<br>puntos | Actividad 3<br>sobre 2,5<br>puntos | Actividad 4<br>sobre 2,5<br>puntos | Total Prueba<br>sobre 10<br>puntos |
| 2  | Alumno 1    | 0                                  | 0,83                               | 0                                  | 1,26                               | 2,09                               |
| 3  | Alumno 2    | 0,83                               | 0,83                               | 1,25                               | 0,63                               | 3,54                               |
| 4  | Alumno 3    | 0                                  | 0,83                               | 0                                  | 1,89                               | 2,72                               |
| 5  | Alumno 4    | 1,66                               | 0,83                               | 1,25                               | 2,5                                | 6,24                               |
| 6  | Alumno 5    | 1,66                               | 1,66                               | 1,25                               | 1,26                               | 5,83                               |
| 7  | Alumno 6    | 2,5                                | 2,5                                | 2,5                                | 1,89                               | 9,39                               |
| 8  | Alumno 7    | 0                                  | 0,83                               | 1,25                               | 0                                  | 2,08                               |
| 9  | Alumno 8    | 0,83                               | 0                                  | 0                                  | 1,26                               | 2,09                               |
| 10 | Alumno 9    | 0,83                               | 0                                  | 1,25                               | 0                                  | 2,08                               |
| 11 | Alumno 10   | 0                                  | 1,66                               | 1,25                               | 1,26                               | 4,17                               |
| 12 | Alumno 11   | 0,83                               | 0                                  | 0                                  | 0                                  | 0,83                               |
| 13 | Alumno 12   | 0,83                               | 1,66                               | 1,25                               | 1,89                               | 5,63                               |
| 14 | Alumno 13   | 1,66                               | 0,83                               | 0                                  | 1,26                               | 3,75                               |
| 15 | Alumno 14   | 0,83                               | 0,83                               | 0                                  | 0                                  | 1,66                               |
| 16 | Alumno 15   | 0,83                               | 0                                  | 0                                  | 0                                  | 0,83                               |
| 17 | Alumno 16   | 2,5                                | 1,66                               | 2,5                                | 1,89                               | 8,55                               |
| 18 | Alumno 17   | 0                                  | 0,83                               | 1,25                               | 0                                  | 2,08                               |
| 19 | Alumno 18   | 0,83                               | 0,83                               | 0                                  | 1,26                               | 2,92                               |
| 20 | Alumno 19   | 0                                  | 0,83                               | 1,25                               | 0,63                               | 2,71                               |
| 21 | Alumno 20   | 1,66                               | 0,83                               | 1,25                               | 0                                  | 3,74                               |
| 22 | Alumno 21   | 0,83                               | 1,66                               | 0                                  | 1,26                               | 3,75                               |
| 23 | Alumno 22   | 0,83                               | 0,83                               | 1,25                               | 0,63                               | 3,54                               |
| 24 | Alumno 23   | 0                                  | 0,83                               | 0                                  | 0                                  | 0,83                               |
| 25 | Alumno 24   | 0,83                               | 0                                  | 0                                  | 1,26                               | 2,09                               |
| 26 | Alumno 25   | 1,66                               | 0                                  | 1,25                               | 0                                  | 2,91                               |
| 27 | Alumno 26   | 0                                  | 0,83                               | 1,25                               | 1,26                               | 3,34                               |
| 28 | Media TOTAL | 0,86                               | 0,86                               | 0,82                               | 0,90                               | 3,44                               |

Tabla 3- Resultados de la prueba inicial

La valoración de la prueba final (después de utilizar EDU-Ritmotrón en el aula) se valoró siguiendo el mismo criterio que en la prueba anterior. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

|    | A           | B                                  | C                                  | D                                  | E                                  | F                                  |
|----|-------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1  |             | Actividad 1<br>sobre 2,5<br>puntos | Actividad 2<br>sobre 2,5<br>puntos | Actividad 3<br>sobre 2,5<br>puntos | Actividad 4<br>sobre 2,5<br>puntos | Total Prueba<br>sobre 10<br>puntos |
| 2  | Alumno 1    | 1,66                               | 2,5                                | 1,25                               | 1,26                               | 6,67                               |
| 3  | Alumno 2    | 1,66                               | 2,5                                | 1,25                               | 2,5                                | 7,91                               |
| 4  | Alumno 3    | 2,5                                | 2,5                                | 1,25                               | 1,89                               | 8,14                               |
| 5  | Alumno 4    | 2,5                                | 0,83                               | 1,25                               | 2,5                                | 7,08                               |
| 6  | Alumno 5    | 1,66                               | 2,5                                | 2,5                                | 1,89                               | 8,55                               |
| 7  | Alumno 6    | 2,5                                | 2,5                                | 2,5                                | 2,5                                | 10                                 |
| 8  | Alumno 7    | 0,83                               | 1,66                               | 2,5                                | 0                                  | 4,99                               |
| 9  | Alumno 8    | 0,83                               | 0,83                               | 0                                  | 1,26                               | 2,92                               |
| 10 | Alumno 9    | 0,83                               | 0,83                               | 1,25                               | 0                                  | 2,91                               |
| 11 | Alumno 10   | 1,66                               | 2,5                                | 2,5                                | 2,5                                | 9,16                               |
| 12 | Alumno 11   | 1,66                               | 1,66                               | 1,25                               | 1,26                               | 5,83                               |
| 13 | Alumno 12   | 0,83                               | 1,66                               | 2,5                                | 1,89                               | 6,88                               |
| 14 | Alumno 13   | 2,5                                | 1,66                               | 2,5                                | 2,5                                | 9,16                               |
| 15 | Alumno 14   | 2,5                                | 0,83                               | 2,5                                | 2,5                                | 8,33                               |
| 16 | Alumno 15   | 2,5                                | 1,66                               | 1,25                               | 2,5                                | 7,91                               |
| 17 | Alumno 16   | 2,5                                | 2,5                                | 2,5                                | 2,5                                | 10                                 |
| 18 | Alumno 17   | 0,83                               | 0,83                               | 2,5                                | 0,63                               | 4,79                               |
| 19 | Alumno 18   | 0,83                               | 2,5                                | 0                                  | 1,26                               | 4,59                               |
| 20 | Alumno 19   | 1,66                               | 2,5                                | 2,5                                | 1,89                               | 8,55                               |
| 21 | Alumno 20   | 2,5                                | 1,66                               | 2,5                                | 0,63                               | 7,29                               |
| 22 | Alumno 21   | 2,5                                | 1,66                               | 1,25                               | 1,89                               | 7,3                                |
| 23 | Alumno 22   | 1,66                               | 1,66                               | 2,5                                | 0,63                               | 6,45                               |
| 24 | Alumno 23   | 0                                  | 0,83                               | 2,5                                | 0,63                               | 3,96                               |
| 25 | Alumno 24   | 1,66                               | 0,83                               | 2,5                                | 1,89                               | 6,88                               |
| 26 | Alumno 25   | 2,5                                | 0,83                               | 2,5                                | 1,26                               | 7,09                               |
| 27 | Alumno 26   | 0,83                               | 1,66                               | 2,5                                | 1,89                               | 6,88                               |
| 28 | Media TOTAL | 1,70                               | 1,70                               | 1,92                               | 1,62                               | 6,93                               |

Tabla 4- Resultados de la prueba final

## 5.2 Discusión de los resultados

### 5.2.1. La propia máquina

El primer resultado que vamos a analizar es la construcción de la propia máquina. El objetivo específico I de este proyecto: “construcción de EDU-Ritmotrón, un artefacto robótico que tiene el fin de actuar como herramienta complementaria para la enseñanza del ritmo en segundo de educación primaria.

El objetivo ha sido conseguido por los siguientes motivos:

- Es un artefacto porque es un objeto formado por un conjunto de piezas y fabricado para un fin concreto que es la enseñanza de la educación musical.
- Es robótico porque dispone de una serie de piezas móviles que están gobernadas por un microprocesador que actúa a modo de inteligencia artificial.
- Actúa como herramienta complementaria para la enseñanza del ritmo musical porque las piezas removibles, de las que está compuesto EDU-Ritmotrón, tienen apariencia de figuras musicales.
- Su funcionamiento permite entender el paso del tiempo en un fragmento rítmico, por lo que es de utilidad como recurso complementario en el aula de música.
- Está orientado para segundo de educación primaria porque las figuras musicales con las que trabaja, así como la profundidad en los conocimientos del ritmo y de las propias figuras, siguen fielmente la reglamentación vigente para este curso.
- Las condiciones de seguridad de la máquina permiten que sea utilizado por alumnos de estas edades.

### 5.2.2. Discusión de los resultados obtenidos

A continuación, se realizará la discusión sobre los resultados que han arrojado las distintas mediciones, teniendo en cuenta los objetivos marcados al inicio del proyecto.

#### 5.2.2.1. Actividad 1

Relacionada con la habilidad de conocer figuras de la misma duración. Esta actividad se correspondía con el objetivo específico II de este proyecto: “comprobar que los niños aprenden y ordenan las figuras musicales (negra, blanca, corchea y sus correspondientes silencios), en función de su duración, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.”

|             | Puntuación media de la clase en la prueba inicial | Puntuación media de la clase en la prueba final |
|-------------|---|---|
| Actividad 1 | 0,86/2,5  | 1,70/2,5  |

*Tabla 5- Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la actividad 1*

En la primera prueba se obtuvo un valor medio de 0,86 puntos sobre 2,5, lo que supone que el conjunto de la clase no tenía habilidades o conocimientos necesarios como para superar con éxito esta actividad.

En la segunda prueba, se obtuvo un valor medio de 1,70 puntos sobre 2,5. Este valor significa que el conjunto de la clase superó con éxito la actividad 1, porque tenían los conocimientos o habilidades necesarias para superar los resultados de la prueba inicial.

#### 5.2.2.2. Actividad 2

Relacionada con la habilidad de ordenar las figuras musicales siguiendo el criterio de duración de cada una de ellas. Esta actividad también se correspondía con el objetivo específico II de este proyecto: “comprobar que los niños aprenden y ordenan las figuras musicales (negra, blanca, corchea y sus correspondientes silencios), en función de su duración, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.

|             | Puntuación media de la clase en la prueba inicial | Puntuación media de la clase en la prueba final |
|-------------|---|---|
| Actividad 2 | 0,86/2,5  | 1,70/2,5  |

*Tabla 6- Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la actividad 2*

El análisis de estos resultados es el mismo que para la actividad anterior, resumiéndose en que en la segunda prueba hay una mejora significativa en la puntuación obtenida, motivada por la adquisición de conocimientos y desarrollo de habilidades después del uso de EDU-Ritmotrón en el aula.

#### 5.2.2.3. Actividad 3

Relacionada con la habilidad de identificar el ritmo escuchado. Esta actividad se correspondía con el objetivo específico IV de este proyecto: “comprobar que los niños reconocen los ritmos cuaternarios utilizando figuras rítmicas como negra, blanca, corchea y sus correspondientes silencios, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.

|             | Puntuación media de la clase en la prueba inicial | Puntuación media de la clase en la prueba final |
|-------------|---|---|
| Actividad 3 | 0,82/2,5  | 1,92/2,5  |

*Tabla 7- Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la actividad 3*

El análisis de estos resultados permite ver el progreso significativo en la puntuación antes y después del uso de EDU-Ritmotrón. Las habilidades adquiridas durante el proceso enseñanza-aprendizaje aparecen reflejadas en la puntuación de la prueba final.

#### 5.2.2.4. Actividad 4

Relacionada con la habilidad de relacionar más de una figura a la vez, obteniendo el valor total. Esta actividad correspondía con el objetivo III de este proyecto: “comprobar que los alumnos son capaces de relacionar duraciones totales de varias figuras rítmicas con otras que equivalgan lo mismo, utilizando como recurso complementario del aula EDU-Ritmotrón.

|             | Puntuación media de la clase en la prueba inicial | Puntuación media de la clase en la prueba final |
|-------------|---|---|
| Actividad 4 | 0,90/2,5  | 1,62/2,5  |

*Tabla 8- Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la actividad 4*

En la primera prueba los alumnos puntuaron por debajo del 50% de la puntuación total de esta actividad, considerando que los contenidos y habilidades para realizarla no estaban adquiridos; sin embargo, los resultados que arrojan la segunda prueba muestran un incremento de la puntuación, por lo tanto, mejora de las habilidades y adquisición de conocimientos para lograr el objetivo marcado.

#### 5.2.2.5. Prueba completa

|                 | Puntuación media de la clase en la prueba inicial | Puntuación media de la clase en la prueba final |
|-----------------|---|---|
| Prueba completa | 3,44/10   | 6,93/10   |

*Tabla 9- Relación de la puntuación media entre la prueba inicial y final en la prueba completa*

El análisis de los resultados de estas dos pruebas muestra una diferencia de puntuación importante entre la inicial y la final. Lo que demuestra la eficacia de EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula de música, en relación con los objetivos marcados en este proyecto.

## **6- CONCLUSIONES.**

### **6.1. Sobre los objetivos del trabajo**

#### **6.1.1. Sobre el diseño**

El diseño de EDU-Ritmotrón supone un reto importante, pues se alían varias disciplinas para dar servicio a una. Por un lado, se necesitan conocimientos necesarios para diseñar un robot, conocimientos del desarrollo psicológico evolutivo de los niños de las edades a las que está destinado este proyecto, conocimientos de didáctica para mantenerse dentro de los límites de la ley de educación en el área de música y conocimientos de música para poder abordar los contenidos que se trabajarán con este robot.

Diseñar un artefacto robótico que permita lograr los objetivos de este proyecto implica tener en cuenta, también, los elementos motivantes de los alumnos de segundo de primaria en la era tecnológica en la que vivimos.

Debe concordar innovación con educación, para que con estos ingredientes podamos hacer frente al objetivo I (“Construcción de EDU-Ritmotrón, un artefacto robótico que tiene el fin de actuar como herramienta complementaria para la enseñanza del ritmo en segundo de educación primaria”). Por ese motivo, diseñar piezas que simulen las figuras rítmicas de forma que los niños puedan manipularlas cobra sentido, porque los escolares pueden sentir el concepto de construcción del ritmo como un puzzle de piezas, que está regido por unas normas.

La cuestión estética forma parte del atractivo motivante de la herramienta. EDU-Ritmotrón; debe estar a la altura no solo por lo que hace, sino por cómo es. El diseño debe mostrar un estilo tecnológico y, sobre todo, con la idea de precisión (barras de desplazamiento perfectamente paralelas, regletas de la misma longitud o múltiplos exactos), porque la música así se muestra, como matemáticamente perfecta; sin embargo, esta peculiaridad no está reñida con los colores vivos que, a los niños de esas edades, les suelen atraer.

#### **6.1.2. Sobre la fabricación**

La fabricación de EDU-Ritmotrón lleva a tener en cuenta el uso de materiales que permitan cumplir con garantías de seguridad -siempre con el fin de lograr el objetivo I, construcción de un artefacto robótico para utilizarlo en segundo curso de educación primaria-, por ejemplo, utilizar Etilvinilacetato (goma EVA) para algunas partes estructurales del robot, impresión 3D de materiales no tóxicos como el



ácido poliláctico, el uso de voltajes eléctricos reducidos que no supongan un riesgo para la salud de los alumnos.

La unión de piezas se debe realizar con un adhesivo no tóxico, siendo una gran elección el pegamento termofusible, utilizado en educación secundaria para realizar proyectos de tecnología, ya que presenta características inocuas para la salud.

#### 6.1.3. Sobre su puesta en práctica

EDU-Ritmotrón constituye una herramienta complementaria para el aula de música porque permite acercar a los niños conceptos abstractos como el ritmo, que a las edades para las que está diseñado resulta de gran ayuda al profesor del aula; no obstante, no se debe considerar nunca sustitutivo de otros recursos, sino complementario. El profesor de música y los alumnos siguen siendo los principales recursos para el proceso de enseñanza-aprendizaje del ritmo.

El uso de las partes removibles de EDU-Ritmotrón permiten contar, en el aula de música, con un material manipulativo que no necesita electricidad y que ayuda a la comprensión de nociones de duración, equivalencias, etc., logrando los objetivos II y III de este proyecto (Comprobar que los niños aprenden y ordenan las figuras musicales (negra, blanca, corchea y sus correspondientes silencios) en función de su duración, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula y comprobar que los alumnos son capaces de relacionar duraciones totales de varias figuras rítmicas con otras que equivalgan lo mismo, utilizando EDU-Ritmotrón como recurso complementario en el aula.).

El elemento motivante de la robótica hace que los alumnos se impliquen activamente en el proceso, trabajando con los contenidos de forma manipulativa, sin la desgana que produce repetir, a veces, una y otra vez un mismo ejercicio. Esto ayuda notablemente al entrenamiento del oído musical a la hora de reconocer ritmos, por eso, EDU-Ritmotrón colabora fielmente en este cometido, cumpliendo el objetivo IV de este proyecto.

### 6.2 Propuestas de mejora

Este robot es tan solo el principio de una fascinante carrera hacia el desarrollo robótico como material complementario en el aula. En este momento, forma parte de un prototipo con unos objetivos muy delimitados, pero siguiendo esta misma línea de

desarrollo, se pueden diseñar robots, que partiendo de EDU-Ritmotrón, realicen más funciones y que, en definitiva, puedan lograr cada vez más objetivos, siempre con el afán de mejorar la calidad educativa de los escolares.

#### 6.2.1. Trabajar con todas las figuras

EDU-Ritmotrón tiene la capacidad de trabajar con varias figuras rítmicas como blancas, negras, corcheas y sus correspondientes silencios. Tan solo utilizando impresiones 3D de mayor precisión, se podría aumentar este rango de figuras, por ejemplo, extender su uso con semicorcheas, fusas o semifusas, incluyendo sus silencios. El concepto de “puntillo” tampoco se trabaja con EDU-Ritmotrón, pero también puede considerarse como una futura implementación para ampliar los objetivos de este proyecto.

#### 6.2.2. Trabajar con otros compases

Este proyecto limita sus objetivos al aprendizaje del compás cuaternario, ya que EDU-Ritmotrón está diseñado para trabajar con este compás determinado, pero modificando su estructura y su programación interna en el microprocesador, podría ofrecer fácilmente desde la interpretación en otros compases, como aumentar la cantidad de estos.

#### 6.2.3. Errores de precisión

EDU-Ritmotrón es un prototipo robótico construido de forma casera, lo que siempre hace que se cuente con un hándicap importante, que es la imprecisión de la manipulación de los materiales. Ni los útiles, ni las máquinas utilizadas permiten establecer una precisión mecánica digna de comercializar este producto en masa. Por ejemplo, podemos encontrar ejes milimétricamente desalineados que pueden provocar a corto plazo desgastes de la correa dentada, necesitando sustituirla cada poco tiempo.

#### 6.2.4. Muestra escasa

Este proyecto de investigación consta, en parte, del análisis de unos resultados que arrojan un estudio realizado sobre una muestra de 26 alumnos, que pudiera resultar un tanto escasa como para hacer afirmaciones concluyentes. No obstante, se hace resaltar la diferencia significativa de puntuación que presentaba la prueba inicial respecto de la segunda, lo que hace entender que, a pesar de que la

muestra no arrojará muchos resultados, el contraste entre ellos supone una consideración a favor del logro de objetivos.

### 6.3. Futuras implicaciones educativas

#### 6.3.1. Ejemplos de actividades: “Naves rítmicas con EDU-Ritmotrón”

EDU-Ritmotrón es una herramienta muy versátil porque está diseñada para ofrecer muchos recursos tecnológicos en el aula de música. Esto quiere decir que no tiene una aplicación cerrada, sino que depende de la creatividad del docente que pueda ampliar sus horizontes de uso mucho más allá.

En el siguiente ejemplo, podemos ver otra manera de trabajar con EDU-Ritmotrón en el aula. Se aprovecha su gran compatibilidad con el programa Scratch para diseñar un juego de naves que atraerá la atención de los más pequeños.

Esta actividad, consiste en un juego para ordenador, programado en Scratch, que se emplaza en el espacio, fuera del planeta Tierra. Una serie de meteoritos viajan rítmicamente en dirección a nuestro planeta. Se debe, con el uso de una nave espacial realizar una serie de disparos para desintegrarlos por el impacto. Si no se logra, estos caerán a la Tierra causando destrozos. Si se excede en el número de disparos, se corre el riesgo de dañar a los astronautas que hay en órbita, por lo tanto, se recomienda analizar el ritmo de avance de los meteoritos para efectuar los disparos al mismo ritmo. Se utilizará EDU-Ritmotrón para escribir el ritmo con notación musical. Será el propio EDU-Ritmotrón el que efectúe los disparos por cada sonido que reproduzca.



Figura 45- Juego de naves con EDU-Ritmotrón

Se puede ver, en el siguiente enlace, un vídeo que explica en qué consiste la actividad y cómo se trabaja con EDU-Ritmotrón.

<https://youtu.be/NJzrDtwwdtQ>

### 6.3.2. Construcción de EDU-Ritmotrón en cursos más avanzados, en el área de ciencias naturales, en el bloque dedicado a la tecnología

El nivel de dificultad técnica, tanto mecánica como eléctrica, es relativamente bajo, lo que permite que pudiera proponerse para los cursos más avanzados de educación primaria su construcción, para que sea utilizado como recurso complementario en música de cursos inferiores. Son necesarios algunos útiles y herramientas que cualquier aula de tecnología puede llegar a tener, desde pegamento termofusible, cables, procesadores Arduino (son de bajo coste), impresora 3D y ordenadores para el diseño de las piezas.

### 6.3.3. Uso de máquinas similares para la enseñanza de la aritmética

Se hace hincapié en la idea de precisión matemática que tiene EDU-Ritmotrón para su uso en el aula de música. Se debe considerar que, con las debidas adaptaciones, artefactos robóticos como este pueden ser contruidos para la enseñanza de la aritmética que, como tal, comparte con el área de música la precisión de sus elementos.

## 7- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

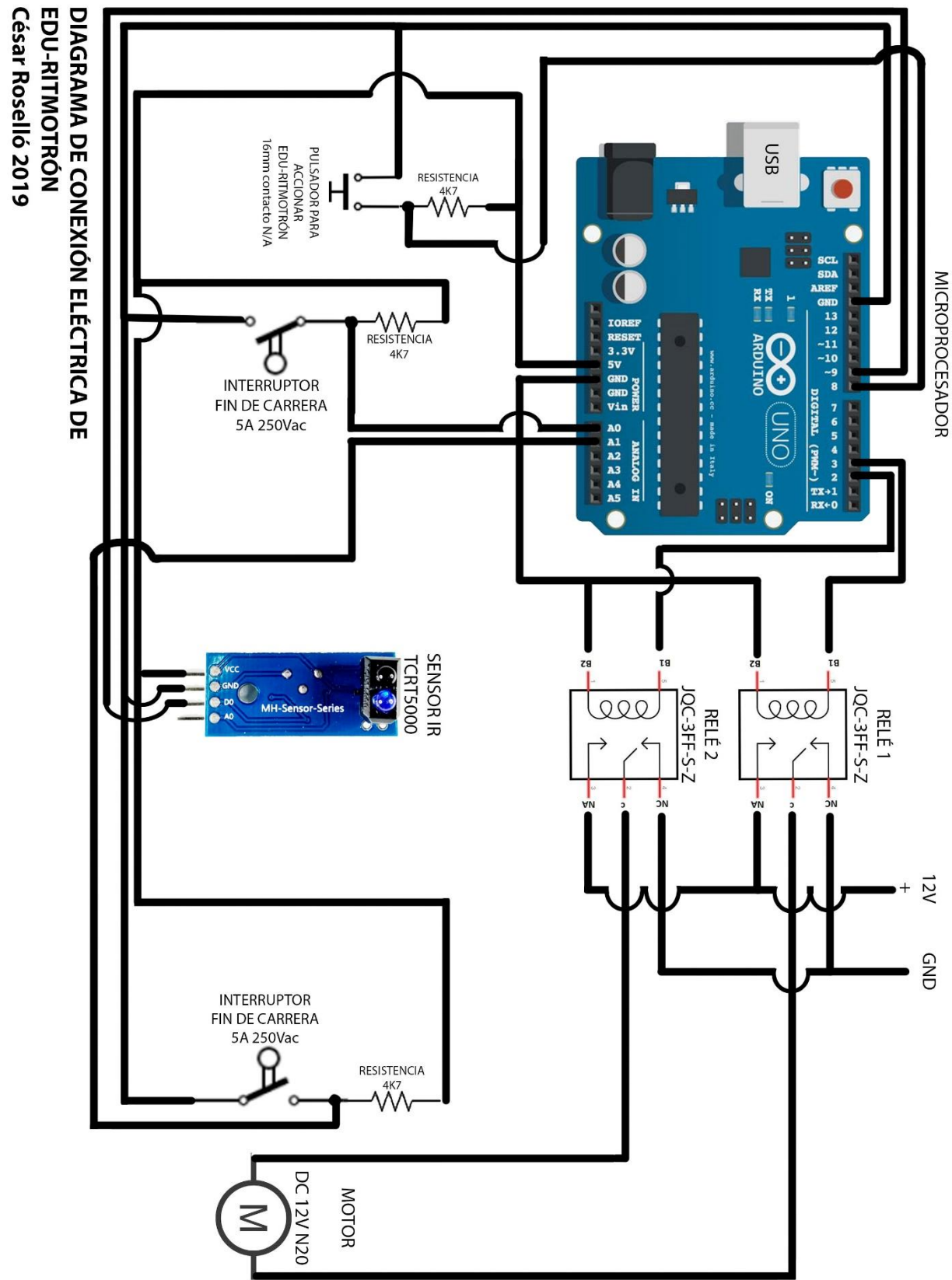
- Acuña, A. (2007). *La robótica educativa: un motor para la innovación*. Recuperado de [http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2009/motorinnova\\_articulo.pdf](http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2009/motorinnova_articulo.pdf)
- Brennan, K., Resnick, M. (2012). *Nuevos marcos de referencia para estudiar y evaluar el desarrollo del pensamiento computacional*. Recuperado de <http://www.eduteka.org/pdfdir/EvaluarPensamientoComputacional.pdf>.
- Cataldi, Z., Salgueiro, F. (2007). Software libre y código abierto en educación. *Quaderns Digitals*, 48, 01-12.
- CRA La Sabina de Villafranca de Ebro (2014). Cacharreando. Recuperado de <https://musicaytic.wixsite.com/cacharreando>
- Gifford, T., Srinivasan, S., Kaur, M., Dotov, D., Wanamaker, C., Dressler, G., ... Bhat, A. (2011). Using robots to teach musical rhythms to typically developing children and children with autism. *University of Connecticut*.
- Gifford, T., Srinivasan, S., Kaur, M., Dotov, D., Wanamaker, C., Dressler, G., ... Bhat, A. (2011). Using robots to teach musical rhythms to typically developing children and children with autism. [Fotografía]. Recuperado de [http://www.iiis.org/CDs2011/CD2011IDI/ICEIC\\_2011/PapersPdf/EI980EF.pdf](http://www.iiis.org/CDs2011/CD2011IDI/ICEIC_2011/PapersPdf/EI980EF.pdf)
- Hemsy de Gainza, V. (1964). *La iniciación musical del niño*. Buenos Aires: Ricordi Americana S.A.E.C
- [Imagen de Alumna realizando la actividad "Piano con plátanos"]. (s.f.) Recuperado de <https://youtu.be/NViFkyUAg44>
- [Imagen de Alumno conectando las plascas Makey Makey en su dibujo]. (s.f.) Recuperado de <https://youtu.be/mW29Y9TcIL0>
- [Imagen de Kit completo de LEGO Wedo]. (s.f.) Recuperado de [https://http2.mlstatic.com/lego-wedo-20-nuevo-precio-de-7-unidades-a-solo-deposito-D\\_NQ\\_NP\\_884847-MPE26885122739\\_022018-F.jpg](https://http2.mlstatic.com/lego-wedo-20-nuevo-precio-de-7-unidades-a-solo-deposito-D_NQ_NP_884847-MPE26885122739_022018-F.jpg)
- [Imagen de Kit completo de placas Makey Makey]. (s.f.) Recuperado de <https://www.programoergosum.com/images/cursos/248-usos-de-la-makey-makey-en-el-aula/makey-makey.png>
- [Imagen de Posición de las manos para representar la altura de las notas relativas]. (s.f.) Recuperado de <https://euloarts.com/wp-content/uploads/2012/10/Clipboard03-240x300.jpg>

- [Imagen de tabla de equivalencias]. (s.f.). Recuperado de <https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/dimension=910x10000:format=jpg/path/sb4f720241e8529a4/image/ic5f0323303e7914e/version/1421959710/image.jpg>
- Kapur, A., Darling, M., Murphy, J., Hochenbaum, J., Diakopoulos, D., Trimpin. (2011). The KarmetiK NotomotoN: A New Breed of Musical Robot for Teaching and Performance. *In NIME*, 22(1), 228-231.
- Kapur, A., Darling, M., Murphy, J., Hochenbaum, J., Diakopoulos, D., Trimpin. (2011). NotomotoN. Robot para enseñar habilidades rítmicas. [Fotografía]. Recuperado de <https://ai2-s2-public.s3.amazonaws.com/figures/2017-08-08/230c04bac705dc1b2e30174091e1826a5e991176/1-Figure1-1.png>
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, 10 de diciembre de 2013, nº 295, 97858-97921
- Massimo M. (2003). *Imparare a leggere la música*. Ed. LIBSA: Madrid.
- Mejía, P. (2002). *Didáctica de la música para primaria*. Prentice Hall: Madrid
- Monclús, I. (2015) Scratch en la educación musical. *Eufonía: Didáctica de la música*, (63), 74-81
- ORDEN EDU/519/2014, de 17 de junio, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación primaria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León (BOCYL)*, Nº 117. Consejería de Educación, España. 20 de junio de 2014.
- Peñalver, J. M. (2013). Análisis de la práctica de la improvisación musical en las distintas metodologías: características y criterios de clasificación. *Artseduca*, 4(1), 74-85
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, 1 de marzo de 2014, nº 52, 19349-19420
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... Kafai, B. (2009). Scratch: Programming for all. *Commun. Acm*, 52(11), 60-67.
- Rodríguez, B. (2017). *Estudio comparativo de dos métodos para la enseñanza musical: Kodály y Gordon*. (Trabajo de Fin de Grado no publicado). Universidad de Sevilla, Andalucía.
- Saxe, B., Murillo, C. (2004). Construccinismo: objetos para pensar, entidades públicas y micromundos. *Actualidades investigativas en educación*, 4(1).

- Suescún, B., Ramírez, P., Cortés, P. (2012). Robot educativo de bajo costo que interpreta melodías en piano. *Revista Facultad de Ingeniería*, 21(33), 73-82.
- Suescún, B., Ramírez, P., Cortés, P. (2012). Brazo robótico que interpreta melodías al piano [fotografía]. Recuperado de <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2120/2083>
- Szönyi, E., Galán, G., Martorell, O. (1976). *La educación musical en Hungría a través del método Kodály*. Corvina: Budapest
- Zago, S. (2018). Tiempos, una ligera aproximación a una teoría del tiempo. *Horizonte Histórico-Revista semestral de los estudiantes de la Licenciatura en Historia de la UAA*, (11), 87-99.

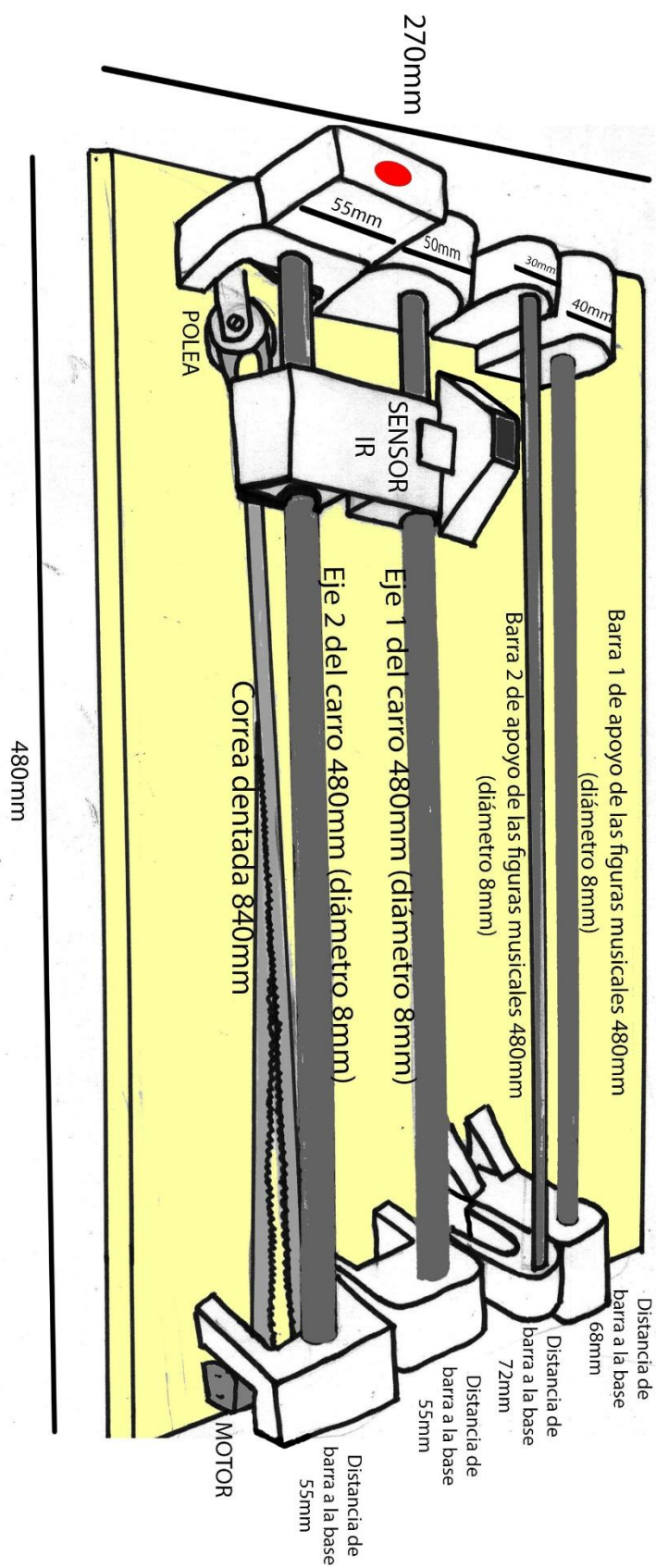
8- ANEXOS

ANEXO I - Diagrama de conexión eléctrica de EDU-Ritmotrón





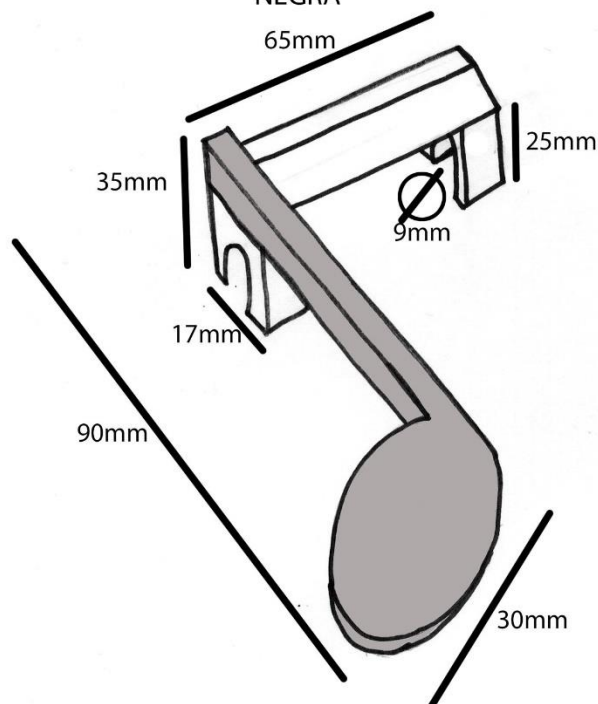
## ANEXO II - Esquema de ensamblaje de EDU-Ritmotrón con medidas



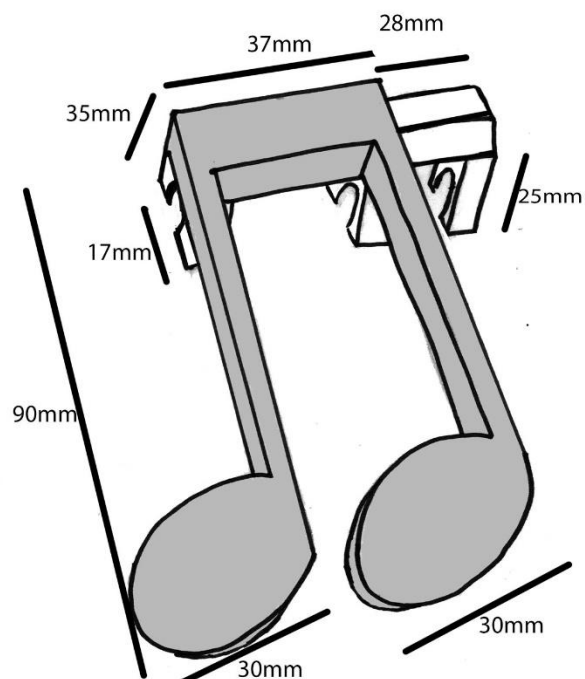
Esquema de ensamblaje de EDU-Ritmotrón con medidas

### ANEXO III – Piezas y medidas de componentes de EDU-Ritmotrón

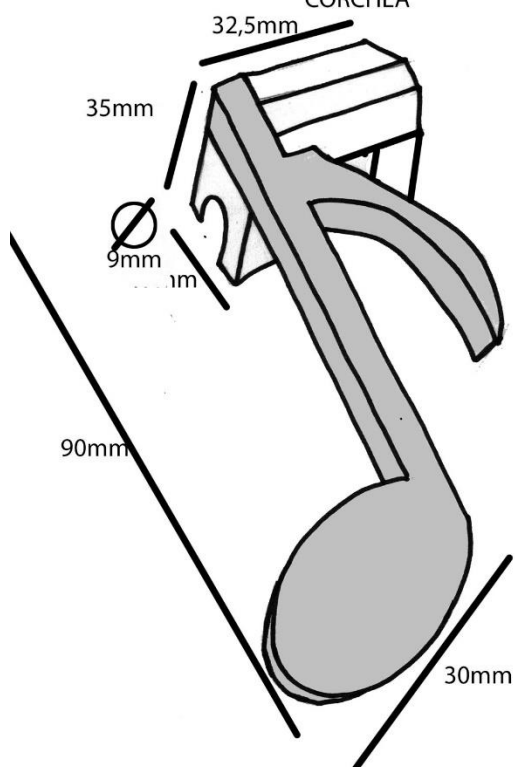
Pieza removible que representa la figura rítmica  
NEGRA



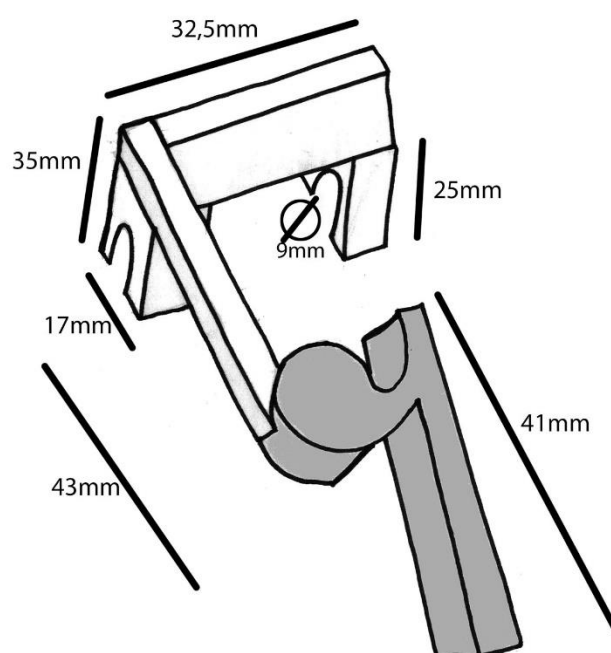
Pieza removible que representa las  
figuras rítmicas de dos CORCHEAS



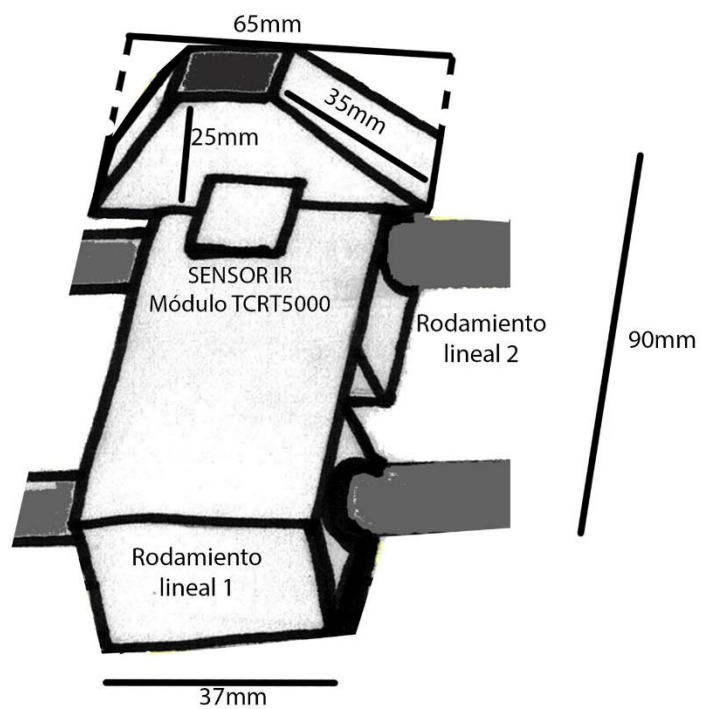
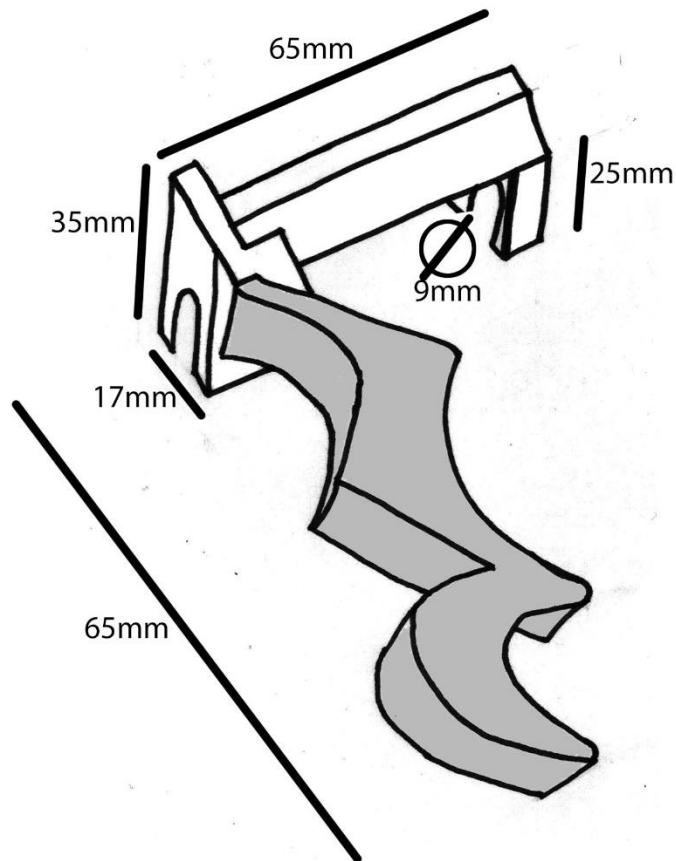
Pieza removible que representa la figura rítmica de la  
CORCHEA



Pieza removible que representa  
un silencio de CORCHEA



Pieza removible que representa  
un SILENCIO DE NEGRA



Medidas del carro que soporta el sensor IR

**ANEXO IV - Código de programación C++ que se debe cargar en el microprocesador ARDUINO para que se comporte como EDU-Ritmotrón**

```
/* EDU-Ritmotrón Programación en C++ Por César Roselló Llamero
*/
#define KEY_LEFT_CTRL 0x01 //tecla control izquierda
#define KEY_LEFT_SHIFT 0x02 //tecla shift izquierda
#define KEY_LEFT_ALT 0x04 //tecla alt izquierda
#define KEY_LEFT_WIN 0x08 //tecla Windows (meta) izquierda
#define KEY_NONE 0x00 //ninguna tecla
uint8_t buf[8] = {0}; /* Keyboard report buffer */
int btn1 = 12; //botón para ejecutar el mensaje
int detectando = 0;
int ledState = LOW; //estado del led
int ledPin = 13; // pin del led
int atras = 0;
int Pulsador = 8;
int Dcha = 1;
int Izda = 0;
int Go = 2;
int Back = 3;
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(8, INPUT);
    pinMode(9, INPUT);
    pinMode(2, OUTPUT);
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(13, OUTPUT);
    //Fase de arranque

    if (analogRead(Izda) > 500 && analogRead(Dcha) > 500) {
        digitalWrite(Back, HIGH);
        atras=1;
    }
}
void loop()
{
    if (digitalRead(9) == LOW && detectando==0 && atras==0){
        runcommand_a();
        int pos = 0; //índice
        digitalWrite(13, HIGH);
        detectando=1;
    }
    if (digitalRead(9) == HIGH) {
```

```

        detectando=0;
        digitalWrite(13, LOW);
    }
    if (analogRead(Izda) < 500) {
        digitalWrite(Back, LOW);
        atras=0;
    }
    if (digitalRead(Pulsador) == HIGH){
        if (analogRead(Izda) < 500) {
            digitalWrite(Go, HIGH);
        }
        if (analogRead(Dcha) < 500) {
            digitalWrite(Back, HIGH);
            atras=1;
        }
    }
}

if (analogRead(Dcha) < 500) {
    digitalWrite(Go, LOW);
}
}

void getKeyCode(char k) {
    //uint8_t buf[8]={0}; //variable temporal para almacenar la tecla
    switch (k) {
        case 'a':
            buf[0] = KEY_NONE; //teclas modificadoras
            buf[2] = 0x04; //tecla
            break;
            //return *buf;
    }
}

void runcommand_s() { //lanza tecla a cuando el Sensor IR detecta
    buf[2] = 0x16; //tecla a
    Serial.write(buf, 8);
    releaseKey();
}

void pressKey(char k) { //teclea el carácter que recibe
    getKeyCode(k); //obtiene el buffer de teclado USB HID que corresponde al carácter
    Serial.write(buf, 8); //lo envía como serial,
    releaseKey(); //limpia el buffer, y lo envía simulando una liberación de la tecla
    if (k == '\n') { //
    }
}

void releaseKey()
{
    buf[0] = 0;
    buf[2] = 0;
    Serial.write(buf, 8); // Release key
}

```